

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



CARACTERIZACIÓN DE FRAGMENTOS DE BOSQUE NATIVO, PARA DEFINIR
ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN EN LA COMUNIDAD INDIGENA CUMIL LIZAMA,
COMUNA DE NUEVA IMPERIAL, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Forestales de la Universidad de
La Frontera como parte de los requisitos para
optar al título de Ingeniero Forestal.

FABIÁN ALBERTO SILVA CHÁVEZ
TEMUCO – CHILE

2010

**“CARACTERIZACIÓN DE FRAGMENTOS DE BOSQUE NATIVO, PARA DEFINIR
ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN EN LA COMUNIDAD INDIGENA CUMIL
LIZAMA, COMUNA DE NUEVA IMPERIAL, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA”**

PROFESOR GUÍA

: Nota:

ZOIA NEIRA CEBALLOS
Ingeniero Forestal
Magíster en Educación
Departamento de Ciencias Forestales
Facultad Ciencias Agropecuarias y
Forestales
Universidad de la Frontera

PROFESORES CONSEJEROS

: Nota:

CÉSAR ARRIAGADA ESCAMILLA
Ingeniero Forestal
Doctor Ingeniero de Montes
Departamento de Ciencias Forestales
Facultad Ciencias Agropecuarias y
Forestales
Universidad de la Frontera

: Nota:

ALEJANDRO ESPINOSA
SEPÚLVEDA
Ingeniero Forestal
M. Sc. Manejo Integrado de Recursos
Naturales
Facultad de Ingeniería, Ciencias y
Administración
Universidad de la Frontera

CALIFICACIÓN PROMEDIO TESIS

:

*A mi mamita
Violeta Chávez Rosales
(QEPD)*

AGRADECIMIENTOS

Durante todos los años que han transcurrido desde el ingreso a la vida universitaria, hasta el momento actual, la incorporación al mundo laboral, he conocido una gran cantidad de personas que han marcado de diferente forma mi etapa universitaria; a Ustedes quiero expresar mis agradecimientos por contribuir a cumplir mi sueño.

A mi Profesora Guía Sra. Zoia Neira Ceballos, agradezco su importante colaboración en el desarrollo de este trabajo, especialmente su disponibilidad de tiempo y preocupación durante todas las etapas de este estudio.

A los miembros de la Asociación de Comunidades Indígenas Boroa-Filulawen por permitirme ingresar a su núcleo de vida y compartir su conocimiento cultural sobre el Bosque Nativo. Particularmente, agradezco a los miembros de la Comunidad Cumil Lizama, quienes me permitieron desarrollar este estudio en fragmentos de Bosque Nativo insertos en su territorio y nos facilitaron el espacio donde alojar durante la toma de datos en terreno; ellos son: Don Omar Pichicon, Sra. Carmen Pichicon, Sra. “Shofi” Pichicon y Don Avelino Pichicon.

A mi Profesor Colaborador, Doctor César Arriagada Escamilla por su valioso aporte en la definición de los métodos a desarrollar en el trabajo de laboratorio.

A mi amigo Claudio Lagos Etchegaray, por su importante apoyo en el trabajo de laboratorio, en la toma de muestras en terreno y por las sinceras palabras de ánimo que han estado siempre presentes.

A quienes me colaboraron desinteresadamente en las diferentes etapas de muestreo en terreno, Ivonne Molina, Pamela Quian, Víctor Rocco, Don Omar Pichicon y compañeros de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales.

A los amigos en los años de Universidad, Claudio Lagos, Nitzza Inostroza, Pamela Quian, María José Fernández, Cristian Jiménez, Víctor Rocco y Consuelo Saldivia; a todos Ustedes muchas gracias por los momentos que hemos compartido.

A mi mamita (QEPD) agradezco inmensamente todo lo que logró inculcarme, me hubiese gustado mucho haber podido compartir este logro, pero tengo la certeza que desde el cielo eres la más contenta con este nuevo paso conseguido.

A mi familia; Papá, Hermanos, Cuñados y Sobrinos, quisiera agradecer todo el cariño y apoyo entregado durante mi vida.

Finalmente, quiero agradecer a quien ha completado mi felicidad, convirtiéndose en mi fortaleza, apoyo y motivo de cada nuevo sueño y propósito; Junto a Ti quiero seguir viviendo, soñando y cumpliendo una a una las metas que nos hemos propuesto...Carito te agradezco muchísimo me hayas apoyado, comprendido y acompañado en momentos de tanta presión y nerviosismo durante la finalización de este estudio.

MUCHISIMAS GRACIAS...

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1 PÉRDIDA DE BOSQUE NATIVO.....	4
2.2 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.....	6
2.2.1 Conceptos Asociados a la Restauración	8
2.2.2 Diagnostico Socio-Ecológico	11
2.2.2.1 Identificación del Área a Restaurar	11
2.2.2.2 Definición de la Estrategia de Restauración.....	12
2.3 MICROORGANISMOS DEL SUELO	15
2.3.1 Hongos Micorrízicos	16
2.3.1.1 Clasificación de las Micorrizas.....	16
2.3.1.2 Beneficios de la Micorrización.....	19
3. MATERIALES Y MÉTODO	23
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	23
3.1.1 Antecedentes Sociales y Geográficos.....	24
3.1.2 Antecedentes Biofísicos	25
3.2 MATERIALES.....	26
3.2.1 Materiales de Terreno.....	26
3.2.2 Equipos, Materiales de Laboratorio y Reactivos.....	26
3.2.3 Material Vegetal	28
3.3 MÉTODOS	28
3.3.1 Ubicación de los sectores de muestreo	28
3.3.2 Estudio de la Composición Vegetacional.....	28
3.3.2.1 Evaluación de la Composición Vegetacional	29
3.3.3 Muestras de Suelo.....	33
3.3.3.1 Extracción de muestras de suelo.....	33
3.3.3.2 Preparación de la muestra.....	34

3.3.3.3 Evaluación Muestras de Suelo.....	34
3.3.4 Establecimiento de los Ensayos.....	35
3.3.4.1 Evaluación de los Ensayos	35
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1 CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	39
4.1.1 Fragmento N° 1	39
4.1.1.1 Fragmento N° 1, Sector Núcleo de Bosque.	39
4.1.1.2 Fragmento N° 1, Sector Borde de Bosque	41
4.1.2 Fragmento N° 2.....	45
4.1.2.1 Fragmento N° 2, Sector Núcleo de Bosque.	45
4.1.2.2 Fragmento N° 2, Sector Borde de Bosque	47
4.1.3 Índices de Diversidad	50
4.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS SUELOS.....	53
4.2.1 Fragmento N° 1	53
4.2.2 Fragmento N° 2.....	54
4.3 MICROORGANISMOS DEL SUELO	55
4.3.1 Cuantificación de esporas de Hongos Micorrícicos Arbusculares (HMA).....	55
4.3.2 Ensayo de Micorrización	57
4.3.2.1 Intensidad de Colonización Micorrizica.....	57
4.3.2.2 Caracterización Plantas Eucaliptus globulus.....	58
4.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES CRÍTICAS Y RECOMENDACIONES.....	60
5. CONCLUSIONES	63
6. RESUMEN	64
7. SUMMARY.....	66
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	68
9. ANEXOS	75

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1 CLASIFICACIÓN DE LAS MICORRIZAS	18
CUADRO N° 2 CLASES DE INTENSIDAD DE COLONIZACIÓN MICORRÍZICA	37
CUADRO N° 3 PARÁMETROS ESTRUCTURALES DEL SECTOR NÚCLEO DE BOSQUE, FRAGMENTO N° 1	39
CUADRO N° 4 PARÁMETROS ESTRUCTURALES DEL SECTOR BORDE DE BOSQUE, FRAGMENTO N° 1	42
CUADRO N° 5 PARÁMETROS ESTRUCTURALES DEL SECTOR NÚCLEO DE BOSQUE, FRAGMENTO N° 2	45
CUADRO N° 6 PARÁMETROS ESTRUCTURALES DEL SECTOR NÚCLEO DE BOSQUE, FRAGMENTO N° 2	48
CUADRO N° 7 ÍNDICES DE DIVERSIDAD ALFA	51
CUADRO N° 8 ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS FRAGMENTO N° 1	53
CUADRO N° 9 ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS FRAGMENTO N° 2	54

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 CONCEPTOS ASOCIADOS A LA RESTAURACIÓN.....	10
FIGURA N° 2 ADAPTACIÓN DE MODELO DE INTERACCIÓN DE RESTAURACIÓN Y SUS ELEMENTOS.....	14
FIGURA N° 3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	24
FIGURA N° 4 CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA MEDIR LA DIVERSIDAD ALFA.....	32
FIGURA N° 5 DISTRIBUCIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO	33
FIGURA N° 6 DISTRIBUCIÓN POR CLASES DIAMÉTRICAS FRAGMENTO N° 1 SECTOR NÚCLEO	40
FIGURA N° 7 DISTRIBUCIÓN DE LA REGENERACIÓN FRAGMENTO N° 1 SECTOR NÚCLEO.	31
FIGURA N° 8 DISTRIBUCIÓN POR CLASES DIAMÉTRICAS FRAGMENTO N° 1 SECTOR BORDE	43
FIGURA N° 9 DISTRIBUCIÓN DE LA REGENERACIÓN FRAGMENTO N° 1 SECTOR BORDE	43
FIGURA N° 10 DISTRIBUCIÓN POR CLASES DIAMÉTRICAS FRAGMENTO N° 2 SECTOR NÚCLEO	46
FIGURA N° 11 DISTRIBUCIÓN DE LA REGENERACIÓN FRAGMENTO N° 2 SECTOR NÚCLEO.	47
FIGURA N° 12 DISTRIBUCIÓN POR CLASES DIAMÉTRICAS FRAGMENTO N° 2 SECTOR BORDE	49
FIGURA N° 13 DISTRIBUCIÓN DE LA REGENERACIÓN FRAGMENTO N° 2 SECTOR BORDE.....	49
FIGURA N° 14 DENDROGRAMA DE SIMILITUD DE JACCARD.....	52
FIGURA N° 15 CUANTIFICACIÓN ESPORAS DE HONGOS MICORRIZICOS	56
FIGURA N° 16 INTENSIDAD DE COLONIZACIÓN MICORRIZICA.....	57
FIGURA N° 17 LARGO DE TALLO.....	58
FIGURA N° 18 LARGO DE RAIZ	59
FIGURA N° 19 PESO SECO TALLO.....	60

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques nativos se encuentran entre los ecosistemas que han sufrido un mayor grado de fragmentación y deforestación, la fragmentación es el proceso que transforma un bosque continuo en muchas unidades más pequeñas y aisladas entre sí, cuya extensión de área resultante es menor que la del bosque original (Donoso *et al*, 2004). Igualmente, según FAO (2001) la deforestación se refiere al cambio en la cubierta original del suelo por pérdidas de las coberturas de copa de los árboles al menos del 10%. Dichos cambios provocados afectan negativamente la capacidad productiva en condiciones de degradación forestal, así como un incremento en la erosión de suelos, desalojo de los grupos humanos, extinción de plantas, aves, animales y pérdida de productos forestales.

Según Bustamante y Grez (1995), la actividad humana principalmente la agricultura, la ganadería, la construcción y los asentamientos humanos han influido en que gran parte de los paisajes presenten algún grado de deterioro. Los bosques nativos son los ecosistemas que han sufrido el mayor grado de fragmentación, teniendo esto un alto impacto en la conservación.

Chile no ha estado ajeno a esta situación donde la habilitación de terrenos para el uso agrícola ha causado un alto grado de fragmentación. Dicha práctica ha venido realizándose desde décadas pasadas, teniendo como objetivo disponer de suelos que fueran altamente productivos, eliminando el bosque para utilizar estos terrenos hasta que su productividad decaiga; de esta forma el ecosistema queda compuesto por diferentes parches, los que contienen una vegetación que ha sido modificada por el cambio producido y hace más vulnerables los ecosistemas forestales (Veldkamp *et al*, 2001).

Respecto a las causas de la fragmentación, en el sur de Chile, estas se deben principalmente a la sustitución en algunos casos por plantaciones de árboles exóticos y la necesidad de habilitar áreas para cultivo y pastoreo.

Para detener el proceso de fragmentación de los bosques, se debe comenzar a partir de la ecología de la restauración, que corresponde a una ciencia experimental y empírica (Bustamante *et al.*, 2003). Este tipo de ecología señala que para formular el objetivo ecológico de la restauración forestal y para evaluar hasta qué medida el objetivo se ha alcanzado, es esencial tener una referencia o un sistema de control. Debido a lo antes expuesto, en las investigaciones de este tipo se debe considerar la vegetación histórica de la zona de estudio para conocer el cambio ocurrido en el paisaje, ya sea por factores antrópicos y/o sucesión natural propia de los ecosistemas, lo que contribuye a determinar las especies que deben ser establecidas de acuerdo al tipo de bosque original. Además es necesario conocer las principales limitantes que se podrían generar, de manera de tomar medidas que disminuyan los riesgos e incertidumbres, especialmente cuando se trata de una restauración que ha sido identificada como urgente, por un grupo humano que ve afectada su cultura por la pérdida de biodiversidad, como es el caso de las comunidades indígenas.

En el ámbito de la restauración, los microorganismos del suelo se relacionan de dos formas: en primer lugar indican el estado en que se encuentra el ecosistema, sus condiciones y características de referencia y, en segundo lugar, como componente del sistema para ser manipulado con el fin de aumentar la velocidad con la que el sistema alcanza el estado deseado (Hobbs *et al.*, 2001).

La investigación de las comunidades de microorganismos del suelo en los procesos de restauración proporcionan información sobre como funcionan los ecosistemas en forma prístina y aportan datos relevantes para la restauración. La medición de las dimensiones, composición y actividad microbiana del suelo describe con precisión el estado de los sistemas a restaurar o los ya restaurados (Harris, 2003).

Un grupo por excelencia de los microorganismos del suelo, se denominan micorrizas, las que mejoran el establecimiento, la supervivencia y el éxito en el desarrollo de las plantas. Por lo tanto, se indica que establecer una comunidad de micorrizas en interacción con las plantas, es un requisito previo para el establecimiento de plantas con un objetivo de restauración (Richter *et al.*, 2002).

Hipótesis 1:

Los fragmentos de bosque nativo presentes en la Comunidad Cumil Lizama presentan diferencias en su composición vegetal y en la presencia de microorganismos rizosféricos simbiotes.

Hipótesis 2:

Los fragmentos de bosque nativo presentan diferencias en las características químicas del suelo; dependiendo de la presencia de cobertura arbórea.

Hipótesis 3:

Los fragmentos de bosque nativo presentan diferencias en la presencia de esporas de Microorganismos Rizosféricos simbiotes; dependiendo de la presencia de cobertura arbórea.

Objetivo General:

- Evaluar dos fragmentos de Bosque Nativo degradados, para definir estrategias de restauración en una Comunidad Mapuche.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar la composición vegetal de dos fragmentos de bosque nativo.
- Cuantificar los microorganismos rizosféricos simbiotes presentes en los fragmentos de bosque nativo.
- Identificar los factores limitantes del suelo; en el núcleo, borde y matriz de los fragmentos de bosque nativo.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Pérdida de Bosque Nativo

Los bosques nativos se encuentran entre los ecosistemas que han sufrido un mayor grado de fragmentación y deforestación, donde la fragmentación, se define como la transformación de un bosque continuo en muchas unidades más pequeñas y aisladas entre sí, cuya extensión de área resultante es mucho menor que la del bosque original (Donoso *et al*, 2004). El proceso de fragmentación, en el sur de Chile, se da principalmente por la necesidad de habilitar áreas para pastoreo y cultivo, la sustitución en algunos casos por plantaciones de árboles exóticos, que ha dado como resultado una dramática fragmentación y reducción del área que ocupaban originalmente los bosques (Aguayo, 2009).

Según FAO (2001) la deforestación se refiere al cambio en la cubierta original del suelo por pérdidas de las coberturas de copa de los árboles al menos del 10 %. Dichos cambios provocados afectan negativamente la posición y en particular baja la capacidad productiva en condiciones de degradación forestal. Causando de esta manera: erosión de suelos, desalojo de los grupos humanos, extinción de plantas, aves y animales, pérdida de productos forestales. Entre las causas directas más importantes de la deforestación en casi todos los países del mundo figuran la tala rasa, el cambio de uso del suelo, el incremento de la agricultura y la producción de ganado, la urbanización, la minería y la explotación de petróleo, la lluvia ácida y los incendios (FAO 2001). No obstante, ha habido una tendencia a hacer relevante la influencia de los pequeños agricultores migratorios y/o la pobreza como causa principal de la pérdida de bosques (Hormazábal 1992, Arnold 1998). Dentro de los principales procesos en Chile que causan deforestación destacan aspectos como el incremento de la superficie agrícola en suelos de aptitud preferentemente forestal, lo que se traduce en el constante cambio de uso del suelo (Lara 2003). Posteriormente al cambio de uso de suelo hacia los terrenos agrícolas, el centro y sur del país ha sufrido la

transformación del paisaje debido a la expansión de las plantaciones forestales incentivadas por un fuerte subsidio estatal. (Donoso y Lara 1996, Cisternas *et al*, 1999, CONAF-CONAMA 1999, Sanhueza y Azócar 2000, Aguayo *et al*, 2009).

La pérdida, fragmentación y transformación que afecta los bosques nativos del mundo (Kattan y Murcia, 2003) constituyen en la actualidad las amenazas más fuertes que enfrenta la mantención de la diversidad biológica (Chapin *et al*, 2000; Simonneti *et al*, 2002; Bustamante y Grez, 2004), debido a que han provocado un fuerte declive en la biodiversidad a nivel mundial (Pimm y Raven, 2000; Sala *et al*, 2000). Los efectos se traducen en la erosión del suelo, la pérdida de diversidad biológica, daños a los hábitats naturales y degradación de las cuencas hidrográficas, el deterioro de la calidad de vida y la reducción de las opciones para el desarrollo. Cabe destacar, el conocimiento etno-biológico, como un componente en el manejo de recursos, el cual ha recibido mucha atención en el último tiempo y ha sugerido nuevas trayectorias en la investigación científica, en cuanto a la conservación, y comportamiento de los procesos ecológicos, (Berkes *et al*, 2000; Huntington, 2000; Olsson y Folke, 2001). Diversos autores coinciden en que el conocimiento y las prácticas locales tienen que ser analizados y ser entendidos para poder desarrollar las prácticas de manejo apropiadas que construyen conocimiento científico y local (Berkes *et al*, 2000; Berkes y Folke, 2002; Ticktin y Johns, 2002).

Otro punto a considerar a la hora de detener el proceso de fragmentación de los bosques es partir de la ecología de la restauración, que corresponde a una ciencia experimental y empírica (Bustamante *et al*, 2003). Este tipo de ecología señala que para formular el objetivo ecológico de la restauración forestal y para evaluar hasta qué medida el objetivo se ha alcanzado, es esencial tener una referencia o un sistema de control. Esta información de referencia puede consistir en información histórica del sitio (Peterken, 2005). Debido a lo antes expuesto, en las investigaciones de este tipo se debe considerar la vegetación histórica de la zona de estudio para conocer el cambio ocurrido en el paisaje, ya sea por factores antrópicos y/o sucesión natural propia de los ecosistemas, lo que contribuye a determinar las especies que deben ser establecidas de acuerdo al tipo de bosque original. Además es necesario conocer las principales limitantes que se podrían generar, de manera de tomar medidas que disminuyan los riesgos e incertidumbres.

Según Honnay *et al*, (2004), indican que los más importantes obstáculos en la restauración ecológica de los bosques son las características espaciales, atributos (aislamiento, forma y superficie), las limitaciones en la dispersión de semillas y la intensidad del uso de la tierra histórica, que producen cambios en la composición de los fragmentos remanentes, alteración en los procesos ecológicos como el ciclo de nutrientes y las relaciones depredador-presa. Es por esto que los esfuerzos de restauración deben tener en consideración factores como el largo tiempo que lleva la recuperación de un área y la importancia para la conservación de todo tipo de fragmento por pequeño que sea ya que igualmente pueden aumentar la conectividad y los servicios ambientales como: polinización de los cultivos y dispersión de semillas. (Yatesa *et al*, 2004).

2.2 Restauración Ecológica

La Restauración ecológica es el proceso realizado con la finalidad de recuperar las condiciones ambientales (vegetación, flora, fauna, clima, agua, suelo y microorganismos) que prevalecieron en un sitio dado y que por alguna causa se vieron afectados negativamente. Estas causas pueden ser de orden natural (huracanes, tormentas eléctricas, incendios, derrumbes y otros) o antropogénica (contaminación, tala, quema y otros) (Sol, 1999).

En la búsqueda de conseguir buenos resultados la restauración ecológica debe considerar tres paradigmas fundamentales:

- ◆ El reconocimiento de que el sistema restaurado es abierto, que intercambia organismos, materia y energía con su entorno y que, por lo tanto, depende de él. Esta idea es muy importante en el contexto actual de cambio global, donde cualquier labor de restauración se lleva a cabo en un sistema que ya está profundamente humanizado, lo que hace que en muchas circunstancias, el ecosistema prístino de referencia sea ya casi imposible de recuperar.

- ◆ El reconocimiento explícito de la heterogeneidad espacial, y sus consecuencias (fragmentos en distintas fases sucesionales, con distinto grado de conectividad, etc.). La consideración de esta heterogeneidad es fundamental para diseñar labores diferenciadas dependiendo de las características ecológicas de cada fragmento dentro de la zona restaurada.
- ◆ El reconocimiento de la variabilidad temporal, y sus consecuencias en cuanto a situaciones de no-equilibrio. Esto lleva implícito que, en la planificación de la restauración, se tengan en cuenta las perturbaciones naturales o de origen humano que ocurren con cierta frecuencia (inundaciones, sequías, incendios, tormentas, etc.), y el hecho de que la sucesión puede seguir trayectorias distintas a la original (Zamora, 2002).

La Restauración implica la negociación del mejor resultado específico para cada sitio en particular, basado en el conocimiento de los sistemas ecológicos y las diversas perspectivas de las partes interesadas; basándose en la fidelidad ecológica: replicación estructural/composicional, éxito funcional y durabilidad.

Replicación estructural/composicional es la que representa mayormente la fidelidad ecológica, su objetivo es repetir la estructura y composición de los ecosistemas naturales, variando el tiempo según el ecosistema a restaurar. Éxito funcional, esta ligado directamente a la estructura y composición; el ecosistema debe alinearse ecológicamente para poder funcionar normalmente, desarrollando sus procesos específicos. Durabilidad, para lograr el total objetivo de la fidelidad, la restauración debe tener éxito en un período significativo de tiempo, variando este según el ecosistema a restaurar. (Higgs, 1997)

Para lograr que una restauración perdure en el tiempo se debe considerar que todos los grupos funcionales de especies deben estar representados; la biodiversidad debe estar organizada en cuanto a composición y riqueza de especies. La estructura de la comunidad vegetal con respecto a la densidad, estratificación horizontal y frecuencia de distribución de las poblaciones de especies, así como los tamaños y seres vivos de los organismos que componen dichas comunidades.

Con una adecuada composición y estructuración del ecosistema restaurado se logra mantener los procesos ecológicos o funciones de los ecosistemas, que incluyen a las interacciones entre organismos y a las interacciones entre los organismos y su medio ambiente. Las funciones y los procesos del ecosistema, junto con la reproducción y el crecimiento de los organismos, son lo que permiten que un ecosistema se auto-renueve o sea autogénico. Una meta común para la restauración de cualquier ecosistema natural es el restablecimiento de los procesos autogénicos hasta el punto en que ya no se necesita la ayuda de los restauradores.

La salud genética de las especies utilizadas para recuperar ambientes dañados es de gran relevancia, tanto para las condiciones locales de un sitio como también ante escenarios cambiantes y estrés de diferentes tipos. En circunstancias normales, la reintroducción de ecotipos locales es suficiente para mantener la buena salud genética. No obstante, en sitios que han sufrido mucho daño y por consiguiente una alteración de su ambiente físico, la introducción de linajes genéticos diversos podría ser la estrategia que permita la recombinación y el desarrollo eventual de ecotipos novedosos y más adaptables (SER, 2004).

2.2.1 Conceptos Asociados a la Restauración

La recuperación es el intervalo de la restauración que va de ecosistemas degradados a ecosistemas productivos para la obtención de bienes o servicios ambientales; pudiendo tratarse de usos consumidores (Ej. agricultura, caza de subsistencia, abastecimiento hídrico) o usos no consumidores (Ej. recreación pasiva, ecoturismo, investigación).

La rehabilitación consiste en la restauración de ambientes deteriorados, hasta el punto en que puedan regenerarse sin apoyo en un tiempo de acuerdo a los objetivos del manejo. Lo esencial es el restablecimiento de los procesos ecológicos que permiten que el ecosistema se mantenga y regenere por su cuenta.

La restauración ejecuta el proceso inverso a la alteración, restableciendo los atributos estructurales y funcionales del ecosistema. Aunque la restauración por concepto implica

recuperar los ecosistemas originales, no siempre se conduce así; dependiendo la situación particular el objetivo puede ser la rehabilitación de una función del ecosistema (Ej. ciclado de nutrientes) o la recuperación de un servicio ambiental (Ej. regulación hídrica) o el rescate de un elemento biológico o cultural (Ej. especie amenazada, escenario histórico, práctica tradicional de aprovechamiento, etc.) (DAMA, 1998).

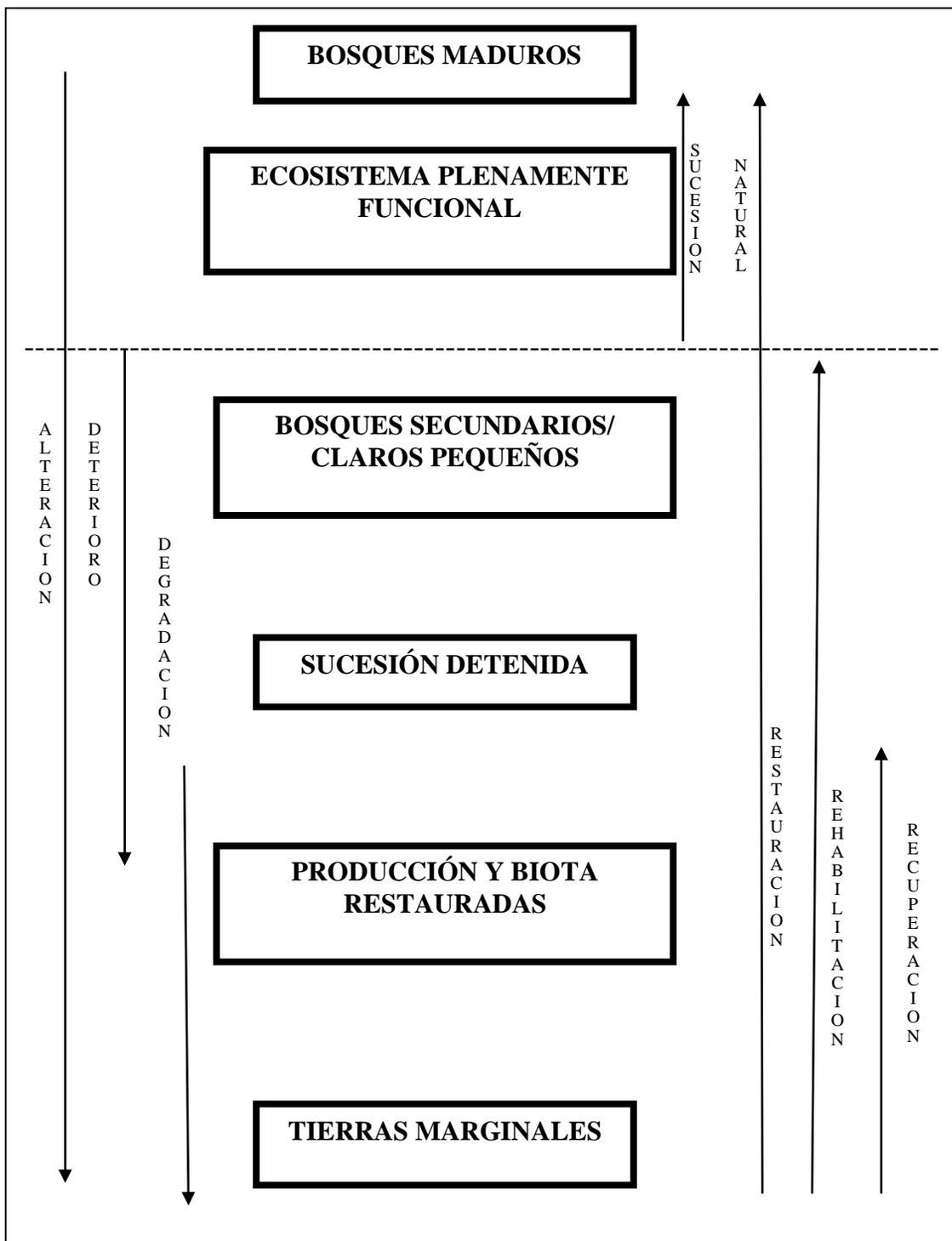


Figura N° 1 Conceptos Asociados a la Restauración (Brown y Lugo, 1994)

2.2.2 Diagnostico Socio-Ecológico

2.2.2.1 Identificación del Área a Restaurar

a).- Superficie área afectada

La caracterización y cuantificación de zonas afectadas permiten decidir sobre las acciones que se deben implementar para favorecer la ocurrencia de procesos naturales de regeneración o en su caso iniciar la restauración.

b).- Grado de alteración área afectada

Existen diversos criterios para determinar el grado de alteración de un ambiente dado. Básicamente se analiza el efecto del evento catastrófico sobre los componentes del ecosistema, es decir, el impacto sobre las condiciones ecológicas del sitio (Sol, 1999).

Se consideran tres grados de alteración:

- ◆ Nivel I o fase incipiente cuando el estado de alteración se encuentra en sus primeras fases; la presión sobre los recursos del ecosistema es de baja magnitud, es decir, el ecosistema puede por si solo recuperar las condiciones de estabilidad entre sus componentes.

- ◆ Nivel II cuando el sitio se encuentra desequilibrado de manera significativa pero aun existen elementos del ecosistema inicial y que se pueden tomar de referencia para intuir cuales fueron los componentes iniciales del sistema. En este caso es necesaria la intervención del hombre para que el ecosistema recobre su estabilidad.

- ◆ Nivel III es el menos deseable y el más destructivo puesto que áreas que estuvieron cubiertas con vegetación primaria, en un periodo muy corto de tiempo han perdido sus elementos y su

estabilidad. Cuando se manifiesta este nivel de alteración, se considera muy crítico porque el ecosistema difícilmente recupera las condiciones propias del lugar, por lo que con la restauración ecológica difícilmente restablecerá por completo el equilibrio entre sus componentes. (Vázquez *et al*, 1999; Jiménez *et al*, 2002; Sol, 1999)

2.2.2.2 Definición de la Estrategia de Restauración

La identificación de la estrategia de restauración es fundamental, para ello es preciso contar con información base sobre las características de la zona y los recursos materiales y humanos disponibles. Los proyectos de restauración deben contar con una proyección espaciotemporal adecuada, para lo cual es necesario realizar las siguientes acciones.

- ◆ Inventario y mapeo de los individuos presentes en el área a restaurar. En esta etapa se debe diagnosticar el número de especies e individuos presentes en una muestra extrapolando los datos del muestreo a la totalidad de la superficie afectada. Los datos obtenidos en este muestreo permitirán conocer el número de individuos por especie que existen dentro del área afectada.
- ◆ Identificar el área conservada más próxima. Dado que los elementos que se integran proceden de un ecosistema con escasa o nula alteración, debe buscarse un área lo más conservada posible, la cual servirá como ecosistema de referencia para establecer el diseño de la restauración (especies a utilizar, densidad y distribución).
- ◆ Inventario de la flora arbórea y arbustiva. Cuando ya se han calculado los valores de las especies y de individuos, se determina cuantos individuos por especie se deben integrar en el área afectada y se extrapola a toda la unidad de restauración. Con estos datos se podrá calcular cuantas plantas por especie se requieren para el proceso de restauración. Los datos de campo que se deben registrar para los ambientes alterados como de referencia pueden ser los

siguientes: diversidad biológica (número de individuos por unidad de superficie, sobrevivencia por especie, abundancia, dominancia y frecuencia, Índice de Shannon, Índice de Equitatividad, y distribución espacial.

- ◆ Caracterizar las condiciones edáficas e hidrológicas de las áreas a restaurar: Las características del suelo e hidrológicas son de suma importancia para el diseño de la estrategia de restauración ya que a partir de estos datos podrán precisarse las necesidades de mejoramiento del suelo, las fechas de siembra, las especies mas probables a elegir para la restauración, entre otras.

- ◆ Seleccionar los elementos a restaurar: Una vez que se conoce la flora presente en el área alterada y en el área conservada, por diferencia se obtienen los individuos faltantes que se integrarán al área a restaurar. El cálculo debe hacerse con base en un área conocida, de modo que el número de plantas que se integre pueda cuantificarse por especie. No siempre es posible restablecer la diversidad original, por lo que se definirán los criterios para elegir las especies prioritarias a restaurar, como ejemplo se pueden citar los siguientes: aquellas que representen un alto valor ecológico por su función como refugio, protección o aporte de alimento para la fauna, que permitan la formación y recuperación del suelo; presenten algún uso para las comunidades rurales como maderables, frutales, medicinales, cerco vivo u otro; también es indispensable considerar las dificultades para la propagación de las especies (Sol *et al*, 2002).

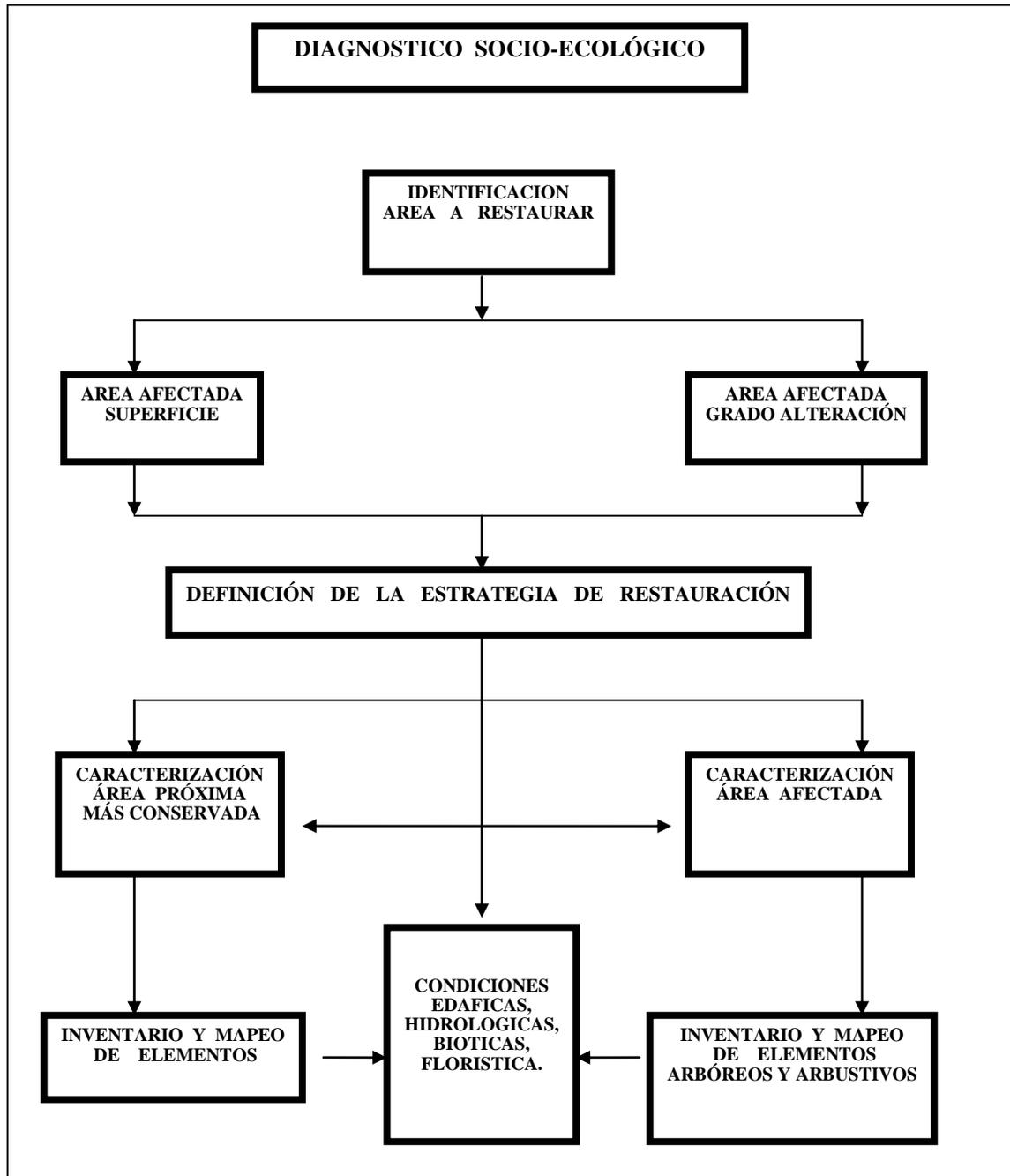


Figura N° 2 Adaptación de Modelo de interacción de restauración y sus elementos (Sol *et al*, 2002).

2.3 Microorganismos del Suelo

Los microorganismos tienen un papel fundamental en el funcionamiento del suelo; especialmente en la descomposición de materia orgánica y en el ciclo de nutrientes, la formación estructural del suelo y la regulación de la productividad e interacciones con las plantas, tanto positivas como negativas (Harris, 2009).

En el ámbito de la restauración los microorganismos del suelo se relacionan de dos formas: en primer lugar indican el estado en que se encuentra el ecosistema, sus condiciones y características de referencia y en segundo lugar como componente del sistema para ser manipulado con el fin de aumentar la velocidad con la que el sistema alcanza el estado deseado (Hobbs y Harris, 2001).

La investigación de las comunidades de microorganismos del suelo en los procesos de restauración proporcionan información sobre como funcionan los ecosistemas en forma prístina y aportan datos relevantes para la restauración. La medición de las dimensiones, composición y actividad microbiana del suelo describe con precisión el estado de los sistemas a restaurar o los ya restaurados (Harris, 2003).

Dentro de los microorganismos del suelo presentan alta relevancia, las denominadas micorrizas, las que mejoran el establecimiento, la supervivencia y el éxito en el desarrollo de las plantas. Por lo tanto, se indica que establecer una comunidad de micorrizas en interacción con las plantas, es un requisito previo para el establecimiento de plantas con un objetivo de restauración (Richter y Stutz, 2002).

Las micorrizas arbusculares (MA) juegan un papel crucial en la nutrición mineral de los bosques (Pate, 1994) ya que esta simbiosis ampliamente distribuida, permite que las plantas obtengan nutrientes de forma más efectiva. A su vez, la diversidad de hongos micorrízico arbusculares (HMA) puede tener influencia sobre la composición de la comunidad vegetal. Además, el

beneficio de los HMA hacia la planta hospedante depende de las especies o de la comunidad de HMA involucradas en la simbiosis (Klironomos *et al*, 2000; Van der Heijden, 2002).

2.3.1 Hongos Micorrízicos

El término micorriza, que etimológicamente significa “hongo de la raíz” (término griego “mykos” = hongo y vocablo latino “rhiza” = raíz), fue utilizado por primera vez por el Botánico Alemán Albert Bernard Frank en el año 1885 para describir “la asociación de hifas a los órganos subterráneos de las plantas superiores”. El término micorrizas describe un fenómeno de ocurrencia generalizada, resultante de la unión orgánica entre las raíces y el micelio de hongos del suelo (Mirabal y Ortega, 2008).

El hongo micorrizico, coloniza biotróficamente la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta, llegando a ser fisiológica y morfológicamente parte integrante de dicho órgano. El hongo también desarrolla un micelio externo que, a modo de sistema radical complementario y altamente efectivo, coloniza el suelo que rodea la raíz y ayuda a la planta a adquirir nutrientes minerales y agua (Alarcón, 2001).

Las micorrizas constituyen la simbiosis planta-microorganismo más extendida sobre el planeta, tanto por el número de hospederos vegetales que la conforman como por su distribución, ya que más del 75 % de las especies vegetales forman micorrizas de forma nativa (Douglas, 2010).

2.3.1.1 Clasificación de las Micorrizas.

Las asociaciones micorrízicas son muy variadas en estructura y función. Se han clasificado, sobre la base de su estructura y morfología, en dos grandes grupos: Ectomicorrizas (micorrizas ectotróficas) y Endomicorrizas (micorrizas endotróficas) existe un tercer grupo intermedio: las Ectendomicorrizas, presentes en las raíces de ciertas especies arbóreas. (Pereira, 2002) Sin embargo, Smith y Read (2008) reconocieron siete tipos de micorrizas, basados en las

características de colonización y en los organismos mutualistas que las establecen: Micorrizas Arbusculares, Ectomicorrizas, Ectendomicorrizas, Micorrizas Arbutoides, Micorrizas Ericoides, Micorrizas Orquidioides y Micorrizas Monotropoides.

Cuadro N° 1 Clasificación de las micorrizas (Smith y Read, 2008)

Tipos de Micorrizas	M. Arbuscular	Ectomicorriza	Ectendomicorriza	M. Arbutoide	M. Monotropoide	M. Ericoide	M. Orquidiáceas
Hongo Septado	-	+	+	+	+	+	+
Hongo Aseptado	+	-	-	-	-	-	-
Colonización Intracelular	+	-	+	+	+	+	+
Manto Fúngico	-	+	+ o -	+ o -	+	-	-
Red de Hartig	-	+	+	+	+	-	-
Aclorófila	- (+)	-	-	-	+	-	+
Taxón de Hongos	Glomales	Basidiomicetes/ Ascomicetes (Glomales)	Basidiomicetes/ Ascomicetes	Basidiomicetes	Basidiomicetes	Ascomicetes	Basidiomicetes
Taxón de Plantas	Briofitas Pteridofitas Gimnospermas Angiospermas	Gimnospermas Angiospermas	Gimnospermas Angiospermas	Ericaceas	Monotropoides	Ericaceas Briofitas	Orquidiaceas

2.3.1.2 Beneficios de la Micorrización.

Las ventajas proporcionadas por la micorrización para las plantas son numerosas. A través de estas se consigue un mayor transporte de nutrientes, protección en condiciones de estrés, como: patógenos de hábitos radicales, salinidad, sequía, acidez y elementos tóxicos (Smith y Read, 2008). Van der Heijden *et al*, (1998) indica que también son responsables de influenciar la diversidad vegetal y productividad en ecosistemas naturales.

a).- Captación de Nutrientes.

Los hongos micorrizico arbusculares aumentan la capacidad de adquisición y asimilación de recursos por parte de la planta hospedera, debido a que, en comparación con las raíces, las hifas externas de estos hongos poseen una mayor habilidad para explorar el suelo. Estos hongos pueden explorar una mayor extensión de suelo (hasta de 9 m), lo que da como resultado una ventaja competitiva al hospedero debido a que resuelven las limitantes para la adquisición de nutrientes minerales que se difunden en el ambiente radical y que se movilizan lentamente en el suelo. Esto se hace mas relevante en ambientes oligotróficos, es decir escaso en nutrientes (Guadarrama *et al*, 2004).

b).- Protección contra el estrés hídrico

La asociación micorrizica arbuscular promueve la resistencia a deficiencias hídricas en la planta hospedera por medio de diferentes mecanismos, que van desde una respuesta física, hasta una bioquímica. Las plantas micorrizadas sometidas a condiciones de déficit de agua resisten por más tiempo las condiciones de sequía y se recuperan de forma más rápida. Esto se explica con la influencia que presenta el micelio de los hongos micorrízicos sobre el ambiente edáfico, previniendo la formación de claros entre las raíces y el suelo. Además, las hifas extrarradicales incrementan la zona de captación de agua, e incluso pueden tomar agua del suelo cuando este se

encuentra con un valor de potencial hídrico que no permite que sea extraído por las raíces de las plantas (Guadarrama *et al*, 2004).

c).- Modificación de la estructura del suelo

Los agregados del suelo son un componente importante para la conservación de las comunidades naturales. Las hifas externas de los hongos micorrizógenos arbusculares forman agregados por medio de la adhesión de partículas debido a una proteína llamada glomalina contribuyendo a la estructura y estabilidad al suelo; establecen condiciones adecuadas para el desarrollo de raíces e hifas externas; protección contra los procesos de excesivo secado y humedecimiento de los agregados; creación de condiciones adecuadas para el desarrollo de otros microorganismos de la rizosfera que están involucrados en la formación y estabilidad de agregados (González-Chávez *et al*, 2004).

d).- Protección contra el Ataque de Patógenos

Al asociarse con hongos micorrizico arbusculares, las plantas pueden resistir y recuperarse más rápidamente del ataque de los depredadores, es decir herbívoros y parásitos de hojas, flores, tallos y raíces. Esto porque las plantas son más vigorosas al tener una nutrición mineral de mayor calidad y por la activación de algunos mecanismos de defensa, tales como la producción de exudados.

A nivel radical, la asociación micorrizica cambia la estructura y fisiología de la planta, y puede provocar alteraciones en la comunidad de organismos patógenos del suelo, disminuyendo sus poblaciones, la cantidad de propágulos infectivos y el grado de infección (Guadarrama, 2004).

Aunque los hongos que forman este tipo de micorrizas no pueden crecer en ausencia de una planta hospedadora, actualmente es factible la producción de inóculos de hongos MA (HMA) para plantas que tienen una fase de vivero, almácigo o semillero. Cuenca *et al*, 2003 realizó pruebas de germinación de varias especies nativas de La Gran Sabana Venezolana, apropiadas para la reforestación de áreas degradadas y describe un método simple para reproducir inóculos de MA. Recomienda el uso de *Clusia pusilla* y *Gongylolepis benthamiana* para reforestar áreas degradadas, debido a su elevado porcentaje de germinación y tolerancia a condiciones de alta irradiación. Al momento de establecer la inoculación es recomendable efectuarla en el período de vivero, debido al aprovechamiento por parte de los microorganismos sobre los exudados de la semilla (Ocampo *et al*, 2001). También es necesaria la comprobación previa del tipo de asociación micorrícica (ecto- o endomicorrícica) que existe con la planta que se desea inocular (Steubing *et al*, 2002). En suelos marginales, el potencial de micorrización suele disminuir drásticamente, e incluso desaparecer. Es conveniente micorrizar las plantas antes de ser transferidas a los suelos que se pretende remediar con inóculos de hongos que además incluyan otros organismos beneficiosos (De Felipe, 2004). En la actualidad, la micorrización presenta gran importancia tanto en la silvicultura como en las actividades agrícolas, tomando en cuenta la inoculación artificial, las que permiten mejorar la productividad de los cultivos en vivero, disminuyendo los niveles de fertilizaciones químicas. Con lo anteriormente mencionado se puede afirmar que los efectos de las micorrizas arbusculares y ectomicorrizas como biofertilizantes y como bioprotectores de los cultivos, puede reducir la aplicación de fertilizantes y fitosanitarios, y por ende, disminuir los costos en los cultivos de plantas (De Felipe, 2004).

Zúñiga *et al*, (1998) describe la asociación simbiótica tripartita en especies del genera *Sophora* para Chile y mediante un ensayo experimental de inoculación, demuestra el efecto de los endosimbiontes en el crecimiento de *Sophora microphylla*. Las especies investigadas fueron: *Sophora fernandeziana*, *Sophora macrocarpa*, *Sophora microphylla* y *Sophora toromiro*. El material fue obtenido del hábitat natural y Jardines Botánicos de Chile y Europa. La caracterización morfo-anatómica de la simbiosis tripartita permitió determinar la micorriza vesículo-arbuscular y la formación de nódulos con bacterias del genero *Rhizobium*, en todas las especies investigadas. A través del bioensayo experimental en invernadero (40 semanas), se

procedió a evaluar la eficiencia de inoculación simple y combinadas, en *Sophora microphylla*. Los resultados indicaron que, todos los tratamientos con las inoculaciones presentaron valores superiores al control, destacando la eficiencia de la inoculación combinada con resultados estadísticamente significativos. Los antecedentes obtenidos permiten establecer el efecto sinérgico de las inoculaciones dobles (bacterias y hongos), en el crecimiento e índice de la calidad de las plantas, por lo que se propone como una alternativa altamente promisoría, para especies y hábitat que se encuentran con problemas de conservación. Pereira *et al*, (2002) evalúa en un estudio el efecto que tienen las micorrizas versículo arbusculares en la supervivencia y crecimiento de plántulas de *Eucalyptus globulus* cuando estas son establecidas en suelos contaminados con sustancias fitotóxicas. Los resultados indican que las plantas de *E. globulus* micorrizadas con las dos especies en estudio (*Glomus intraradices* y *Glomus mosseae*) presentan un mejor comportamiento en diferentes variables de crecimiento, respecto a las plantas control (sin micorrizas), cuando estas son establecidas en suelos contaminados con metales pesados. Este último aspecto está siendo muy desarrollado en Chile, se trata de identificar la asociación micorrizica que permita superar los problemas de extracción de contaminantes del suelo, sin embargo poco se ha avanzado en usar esta simbiosis para tener procesos de revegetación más exitosos.

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Descripción del Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en la Comunidad Mapuche Cumil Lizama, perteneciente a Rauco Boroa, Sector Filulawen. Esta comunidad se encuentra inserta desde el año 2001, año de fundación de la Coordinadora de Salud Intercultural Boroa Filulawen, constituida por 1.560 personas, agrupadas en 380 familias provenientes de 16 comunidades del sector, a dicha coordinadora se han ido incorporando otras comunidades indígenas aledañas formando la Asociación Indígena Boroa Filulawen, que actualmente posee 32 Comunidades Asociadas. Se ubica en Villa Almagro a 12 kilómetros al Sur-Oeste de la ciudad de Nueva Imperial, perteneciente a la Región de la Araucanía.

La Comunidad Cumil Lizama posee como territorio 139,39 ha, formado por 15 familias. Este estudio se realizó en el predio de los hermanos Pichiconá Guimay, el cual tiene una superficie de 19,9 ha., las cuales en su mayor extensión están siendo utilizadas para el pastoreo de ganado, ante el escaso territorio cubierto por bosque nativo, la constante pérdida de bosque y el pobre éxito conseguido en el establecimiento de especies arbóreas nativas; ellos han destinado dos pequeños fragmentos de bosque nativo para su conservación, las superficies corresponden a 0,51 ha y 0,69 ha.

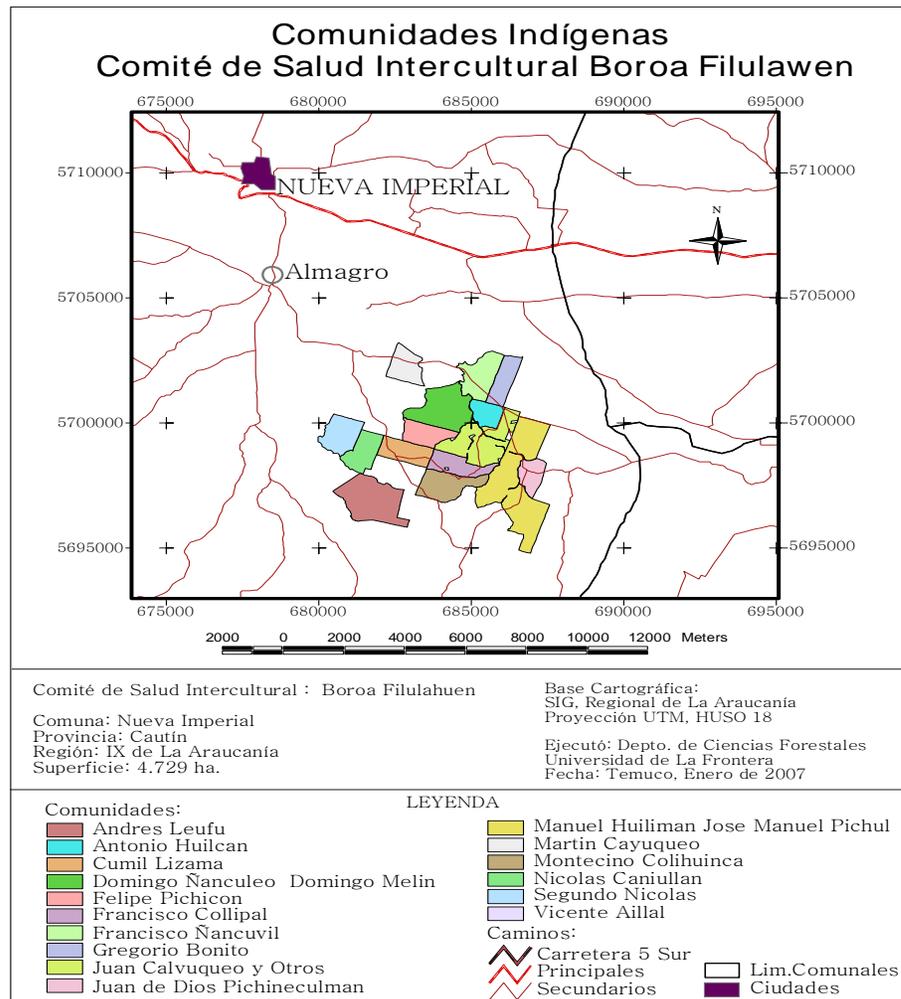


Figura N° 3 Ubicación Geográfica del Área de Estudio.

3.1.1 Antecedentes Sociales y Geográficos

Las coordenadas geográficas de Nueva Imperial corresponden a las latitudes 38° 15'S al norte, 39° 00'S al sur, y a las longitudes 72° 46'W al este y 73° 04'W al oeste. Villa Almagro se localiza al sur de Nueva Imperial, a los 38° 74'S y los 72° 55'W, en terrenos al sur del río Cautín. (I. Municipalidad de Nueva Imperial, 2004a). Posee una población total de 40.059 habitantes de los cuales 21.240, es decir, el 53,03 % de la población corresponde a habitantes mapuche (INE, 2002). La comuna de Nueva Imperial posee una población total de 40.059 habitantes de los cuales

un 54.2% pertenecen a áreas rurales (21.724 habitantes), conformadas en su gran mayoría por población mapuche (INE, 2002).

3.1.2 Antecedentes Biofísicos

El clima de la zona corresponde al tipo templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Húmedo de Serranías costeras de vertiente oriental. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de Enero de 24,1 °C y una mínima de Julio de 4.1°C. El régimen hídrico presenta una precipitación media anual de 1.342 mm. Su posición de vertiente oriental de serranías costeras aumenta el periodo seco en relación a los distritos ubicados más al sur (Santibáñez y Uribe 1993; Luebert y Pliscoff 2006).

La comuna posee suelos del tipo rojo arcilloso, de la serie Metrenco, de origen volcánico antiguo. Se ubica en la depresión intermedia de la región, caracterizado por lomajes suaves y con pendientes complejas que sobrepasan el 15 %, lo cual evidencia la susceptibilidad de erosión de estos suelos (Municipalidad de Nueva Imperial, 2004).

El bosque nativo, se caracteriza por presentar superficies que no sobrepasan las 5 ha, ubicados en la ribera de cursos de agua. Principalmente corresponden a bosques de segundo crecimiento, renovales, con edades inferiores a 40 años. Se destaca su escasa regeneración natural debido al pastoreo y a la escasa presencia de árboles semilleros (Durán *et al*, 1997). De acuerdo a Gajardo (1994), la clasificación corresponde al Bosque Caducifolio del Sur, el que se ubica en la depresión central sobre un relieve plano o de lomajes morrénicos y en las laderas bajas de ambas cordilleras; debido a las altas precipitaciones se alcanza un gran desarrollo de la vida vegetal, aunque ha sido reemplazado casi totalmente por cultivos y praderas, encontrándose sólo en condiciones marginales y en un estado muy modificado. En su composición florística intervienen muchas especies típicamente laurifolias. La comunidad más típica en esta formación corresponde a *Nothofagus obliqua* – *Laurelia sempervirens*, conformada por *Nothofagus obliqua* - *Nothofagus dombeyi* (Roble-Coigue), *Drimys winteri* – *Blepharocalyx divaricatum* (Canelo-Temu), *Avena*

fatua – *Rumex acetosella* (Teatina – Vinagrillo), *Aristotelia chilensis* – *Rubís ulmifolius* (Maqui – Murra), *Echium vulgare* (Hierba Azul) y *Acacia dealbata* (Aromo).

3.2 Materiales

Las actividades desarrolladas para la realización del presente estudio se llevaron a cabo en el Laboratorio de Biorremediación, Laboratorio de Silvicultura e Invernadero, siendo estas dependencias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera.

3.2.1 Materiales de Terreno

Los materiales utilizados para la obtención de muestras durante el trabajo de terreno son:

- GPS
- Cámara Fotográfica
- Huincha de distancia 50 metros
- Forcípula de brazos paralelos
- Palas
- Bolsas Plásticas para muestras
- Etiquetas
- Formularios
- Herbarios y libros para reconocimiento de especies.

3.2.2 Equipos, Materiales de Laboratorio y Reactivos

Los Materiales y Reactivos utilizados en el laboratorio para la obtención de los datos correspondientes son:

a).- Equipos

- Microscopio óptico
- Microscopio estereoscópico
- Lupa estereoscópica
- Balanza electrónica
- Pinza para membranas
- Set de Tamices
- Estufa
- Agitador magnético
- Agitador orbital

b).- Materiales de Laboratorio

- Papel filtro
- Agua destilada
- Placas petri
- Porta- Cubre objetos
- Baquetas
- Vasos de precipitado

c).- Reactivos:

- KOH 3%
- Azul tripán (colorante)
- Alcohol 70%
- Ácido láctico (C₃H₆O₃)
- Ácido clorhídrico (HCl) 1%

3.2.3 Material Vegetal

El material vegetal utilizado en el presente estudio correspondió a individuos de la especie *Eucaliptus globulus*, obtenidos a partir de semillas procedentes del Área Productora de Semillas Marimán Angol, con las siguientes características: Pureza: 99%, N° Semillas/Kg. 450.5, % Viabilidad 97, Germinación 90%.

3.3 Métodos

3.3.1 Ubicación de los sectores de muestreo

El estudio se desarrolló en dos fragmentos de Bosque Nativo pertenecientes a la Comunidad Cumil Lizama, estos lugares fueron seleccionados por los miembros de la comunidad para ser conservados como áreas de protección. En ambos casos se analizan bajo los criterios de Núcleo de Fragmento, Borde de Fragmento y Matriz de Fragmento; las coordenadas centrales corresponden a 0683306 - 5698520 y 0683306 – 5698520, para el Primer y Segundo fragmento respectivamente.

3.3.2 Estudio de la Composición Vegetacional

La composición vegetacional fue estudiada considerando los sectores ya ubicados, para el caso del estrato dominante se inventarea todos los individuos leñosos (árboles y arbustos) cuyo DAP sea mayor a 5,0 cm., para este efecto se establece 1 parcela de área mínima de superficie, evaluando el sector Núcleo y Borde de cada Fragmento. Para la determinación del valor de área mínima de una comunidad vegetal, se selecciona un área homogénea y se realiza un inventario florístico a partir de una parcela muestral básica, 4 m², la cual se duplica sucesivamente, hasta incluir la totalidad de las especies (Steubing et.al, 2002).

Los parámetros cuantitativos a evaluar para cada uno de los individuos arbóreos son:

- Diámetro a la altura del pecho o DAP (expresado en cm.).
- Altura total (expresada en m).

Para el caso de la vegetación presente en el sotobosque, se describen todos los individuos de cualquier forma de vida que se encuentren en el estrato intermedio e inferior, así como también la regeneración natural de los individuos arbóreos cuyo DAP sea menor a 5,0 cm. Para desarrollar esta actividad se realizan parcelas de 4 m² en el centro de la parcela de área mínima y en cada uno de sus vértices, en los mismos sectores en donde se evaluó el estrato dominante, sean estos Núcleo y Borde de Fragmento.

3.3.2.1 Evaluación de la Composición Vegetacional

a).- Estructura Cuantitativa de la vegetación

Se determina la disponibilidad de las especies presentes en el estrato dominante, a través de los siguientes cálculos:

- Densidad (N): Se obtendrá el número de individuos de especies arbóreas presentes en el bosque por unidad de superficie (ind/ha).
- Área Basal (AB): Indica el grado de ocupación del rodal por parte de las especies arbóreas, además indica la importancia de una especie expresado en términos de m²/ha.

$$AB = DAP^2 * \pi / 40.000 * N$$

Donde: DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

N, es igual a la densidad (arb/ha).

b).- Determinación de Índices de Diversidad

Se determina la diversidad alfa presente en el área de estudio, la cuál analiza la riqueza de especies de una comunidad particular que consideramos homogénea (Moreno, 2001), esto se realiza a través de la Riqueza Específica y la Estructura.

i. Riqueza Específica

Índice de Riqueza de Especies

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad.

Índice de Diversidad de Margalef

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k \cdot N$ donde k es constante.

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde: S = Número de Especies N = Número total de Individuos

ii. Estructura (Abundancia Proporcional)

Índice de Dominancia de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de Equidad de Shannon-Wiener

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

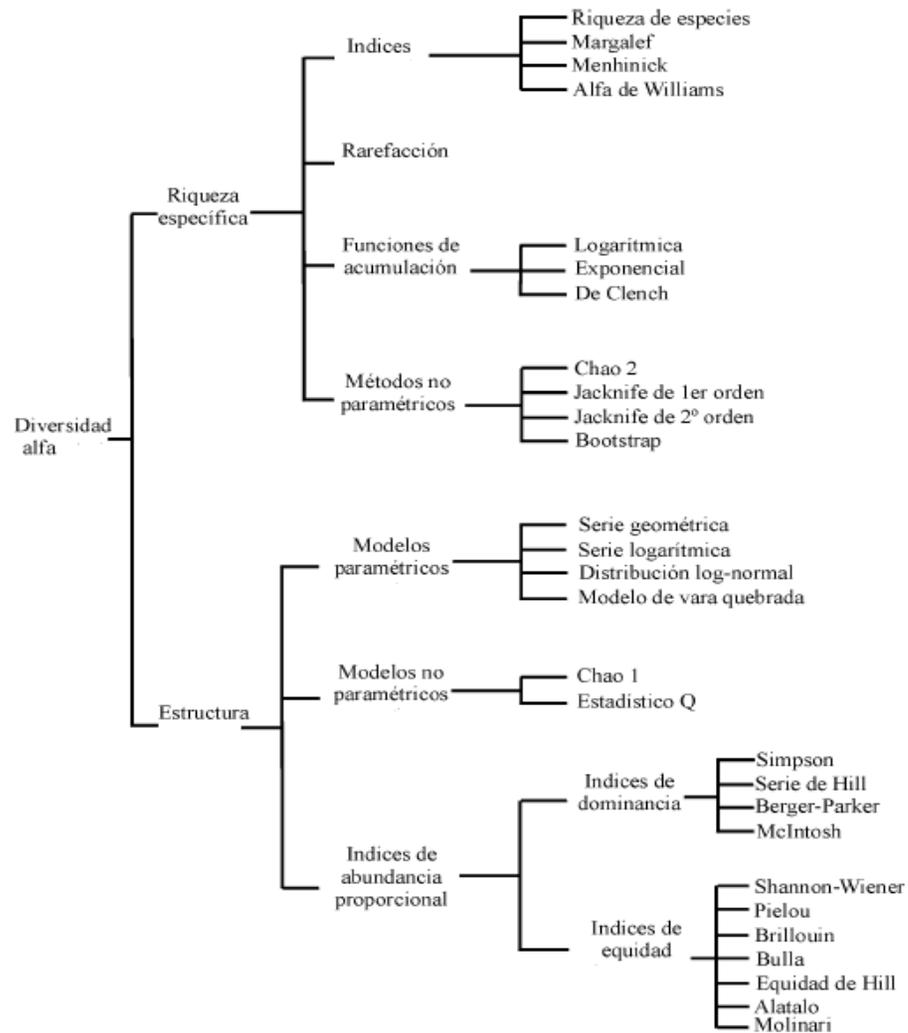


Figura N° 4 Clasificación de los métodos para medir la Diversidad Alfa (Moreno, 2001).

Índice de Similitud de Jaccard

Consiste en la comparación entre comunidades de acuerdo con el grado de similitud en su composición florística, este índice considera exclusivamente presencia/ausencia de especies en los inventarios realizados, se expresa en valores de 0 – 1.

$$\text{Jaccard} = C / A + B + C$$

Donde: A= N° de especies exclusivas del sector A.

B= N° de especies exclusivas del sector B.

C= N° especies comunes en los sectores A y B.

3.3.3 Muestras de Suelo

3.3.3.1 Extracción de muestras de suelo

En los fragmentos de bosque nativo estudiados, diferenciando las situaciones de Núcleo, Borde y Matriz de fragmento, durante el período de Verano 2009-2010 se extraen las muestras de suelo para ser analizadas químicamente. Cada una de estas muestras corresponde a la homogeneización de 5 submuestras representativas de cada lugar, extrayéndolas en una profundidad de entre 5-25 cm. Cada una de estas submuestras se extraen con la utilización de pala, realizando un cuadro lo mas parejo posible; este suelo es traspasado a bolsas plásticas debidamente rotuladas en donde se reúnen las submuestras de cada situación.

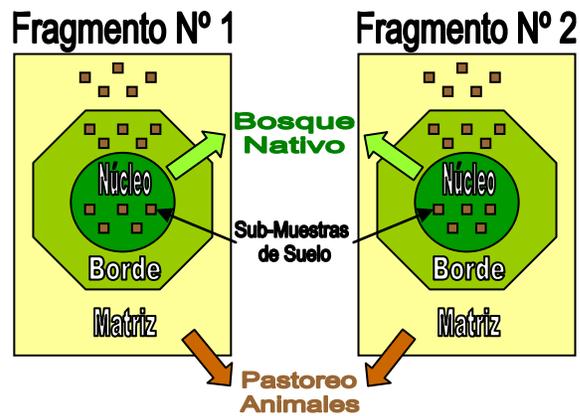


Figura N° 5 Distribución de la Extracción de Muestras de Suelo.

3.3.3.2 Preparación de la muestra

El suelo extraído en terreno es trasladado al laboratorio, disponiéndolo para que este pierda el exceso de humedad que contiene; para esto se dispersa en los mesones y se deja secar a temperatura ambiente durante 48 horas aproximadamente. Transcurrido este tiempo, las muestras son tamizadas a 2 mm. y el material residual existente es seccionado en pequeños trozos para una mayor homogeneización de las muestras.

3.3.3.3 Evaluación Muestras de Suelo

Las muestras de suelo, tres para cada uno de los dos fragmentos, fueron evaluadas de la siguiente forma:

a).- Análisis Químico de Suelo

Los suelos extraídos en la comunidad Mapuche Cumil Lizama fueron analizados químicamente en el Laboratorio de Suelo del Instituto de Agroindustrias de la Universidad de La Frontera.

Las variables evaluadas corresponden a Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), pH (en agua), Materia Orgánica (%), Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Aluminio (Al), Saturación de Aluminio (Al Sat %), Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo (CICE) y Suma de Bases.

b).-Cuantificación de esporas de HMA

Adaptación Método de decantado y tamizado húmedo (Gendermann y Nicolson 1963). En una balanza electrónica se pesan 20 grs. de suelo y se tamizan utilizando agua corriente por un set de tamices Tyler de 250, 106 y 53 μ m de luz. El sustrato que queda en cada tamiz es traspasado a tubos de centrifuga plásticos de 50 cc., enrasando con agua destilada hasta los 45 cc. y se colocan a centrifugar durante 3 minutos a 2000 RPM.

El sobrenadante de este centrifugado se descarta; al precipitado se le agrega una solución de sacarosa al 70 %, colocándolo en agitador orbital y posteriormente se centrifuga durante 2 minutos a 2500 RPM.

Luego de centrifugar, el sobrenadante se traspasa a un tubo con agua destilada para su posterior observación. El contenido de estos tubos es ubicado en placa Doncaster para su observación y conteo en microscopio óptico o lupa estereoscópica.

3.3.4 Establecimiento de los Ensayos

Las semillas de *Eucaliptus globulus* fueron desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio al 0, 5% durante 20 minutos, lavadas con abundante agua y dejadas en imbibición durante 24 horas. Con posterioridad fueron sembradas en bandejas plásticas con capacidad para 200 plántulas utilizando una mezcla estéril de sustrato: arena en proporción 4:1 (v:v) y regadas con agua cada 48 horas, las plántulas permanecieron bajo estas condiciones durante 1 mes.

Posteriormente, se realiza el repique hasta recipientes de 200 cc. que contenían las muestras de los sectores a estudiar para cada fragmento, las plántulas fueron dispuestas en 8 recipientes con 3 unidades en cada uno de ellos. Los recipientes son trasladados al Invernadero de la Facultad hasta completar los 5 meses de desarrollo.

3.3.4.1 Evaluación de los Ensayos

Las plantas de *E. globulus* son evaluadas transcurridos 5 meses de desarrollo; en este momento se cosechan las plantas extrayéndolas cuidadosamente desde los recipientes, intentando minimizar la pérdida de material vegetal. Las variables que se evalúan son las siguientes:

a).- Largo de tallo y raíz

Tras la cosecha de las plantas, estas se miden diferenciando tallo y raíz.

b).- Peso Fresco y Seco sección Aérea

La parte aérea es pesada en forma fresca luego de ser separada de la sección radical; posteriormente se secó a 70° C durante un lapso de 24 horas en horno de secado y fueron pesadas en una balanza digital.

c).- Tinción de Raíces

Adaptación protocolo de Tinción de Raíces Endotróficas (Brundrett *et al*, 1996). Este método consiste en la decoloración de la raíz con solución alcalina y posterior tinción en un medio ácido, para su posterior observación en microscopio.

Las raíces se disponen en un frasco para el ablandamiento de la corteza radical, a través de la utilización de KOH al 10 %, estas deben permanecer en este reactivo durante 48 horas.

La etapa posterior consiste en lavar cuidadosamente las raíces con agua corriente, para luego acidificarlas utilizando HCl al 1 % durante 24 horas.

A continuación se lavan suavemente con agua corriente y se agrega Azul Tripán, diluido en ácido láctico al 0.05%, durante 24 horas.

Finalmente, las muestras de raíces se colocan en frascos con ácido láctico para su posterior observación.

d) Evaluación HMA en raíces

Las muestras de raíces para evaluar micorrización son ubicadas en porta objetos, se disponen 10 trozos de 1cm. en forma horizontal aplicándoles una gota de ácido láctico para facilitar la observación al microscopio; esta labor se desarrolla en forma cuidadosa utilizando bisturí y pinzas estériles.

Se evalúa bajo microscopio presencia o ausencia de micorrización en las muestras de raíces, determinando Intensidad de dicha Micorrización.

Cuadro N° 2 Clases de Intensidad de Colonización Micorrízica (Steubing, 2002).

Clase	Descripción
0	Sin Colonización
1	Hasta un 5 % de Colonización
2	6 – 25 % de Colonización
3	26 – 50 % de Colonización
4	51 – 75 % de Colonización
5	76 – 100 % de Colonización

Formula de Intensidad de Colonización Micorrízica.

$$\text{Intensidad} = \frac{2.5 * C_1 + 14.5 * C_2 + 38 * C_3 + 63 * C_4 + 87 * C_5}{N}$$

3.5 Análisis Estadístico

La evaluación estadística se aplicó a los datos promedio del Ensayo de Colonización Micorrízica, estos corresponden a la densidad de esporas de HMA en 100 g de suelo, la intensidad de Colonización Micorrízica, los crecimientos de las plantas de *E. globulus* en el Ensayo y el peso

seco de la biomasa aérea. Se analizó la homogeneidad de Varianzas y estadísticos descriptivos para comparar las medias de los 2 fragmentos y sus 3 sectores.

Para realizar estos análisis se designó los tres tipos de suelo de los ecosistemas estudiados como lo son el Núcleo de Bosque, Borde de Bosque y Matriz (Pradera), para cada uno de los 2 Fragmentos de Bosque Nativo.

Se efectuó una prueba de hipótesis para establecer la comparación de medias, con el propósito de evaluar si existen diferencias significativas en los tres suelos estudiados, para esto se estableció la siguiente prueba de hipótesis las que se prueban a través de un análisis de varianza:

H_0 : Las medias de los sectores son iguales.

H_1 : Las medias de los suelos son distintas.

Se empleó el test de Tukey para efectuar las comparaciones de las medias entre los tres tipos de suelo analizados, con un nivel de significación de ($P < 0.05$). El análisis se realizó con el programa estadístico JMP.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización Florística del Área de Estudio.

4.1.1 Fragmento N° 1

4.1.1.1 Fragmento N° 1, Sector Núcleo de Bosque.

a).- Estudio de la Composición Vegetacional

El Fragmento N° 1 en el sector Núcleo de Bosque está compuesto por 11 familias, encontrándose el estrato arbóreo formado por 6 especies de las familias Myrtaceae, Proteaceae, Winteraceae y Celastraceae. A la familia Myrtaceae pertenecen 3 especies: *Luma apiculat* (Arrayán), *Myrceugenia exsuca* (Pitra) y *Blepharocalix cruckshanskii* (Temu); la regeneración del bosque contiene 4 especies arbóreas de las cuales 2 pertenecen a la familia Myrtaceae (Arrayán y Temu), las restantes a las familias Proteaceae e Icacinaceae (Anexo N° 2).

b).- Estructura Cuantitativa de la Vegetación

El número total de especies con desarrollo arbóreo en el ecosistema boscoso corresponden a 6, con una densidad de 3.984 árb/ha, el Cuadro N° 4 muestra una estructura dominada por individuos de la especie Temu, con 1797 árb/ha, densidad que corresponde a un 45%; Pitra con 1.055 árb/ha que corresponde a un 25 % y *Drymis winteri* con 703 árb/ha que representa un 17 % (Anexo N° 3).

Cuadro N° 3 Parámetros estructurales del Sector Núcleo de Bosque, Fragmento N° 1.

Especie	N (árb/ha)	Ht (m)	AB (m ² /ha)
Arrayán	195	8,7	1,07
Avellanillo	78	15,0	1,92
Canelo	703	13,8	5,98
Maitén	156	15,8	8,90
Pitra	1055	12,3	9,74
Temu	1797	11,5	9,59
Total	3.984	12,8	37,20

Las alturas promedio de los individuos arbóreos fluctúan entre los 8,7 m y los 15,8 m, para Arrayán y *Maytenus boaria* (Maitén) respectivamente. El Área Basal Total corresponde es 37,20 m²/ha, valor representado principalmente por Pitra con 9,74 m²/ha (26,2%), acompañada de Temu con 9,59 m²/ha (25,8%) y Maitén con 5,98 m²/ha (16.1%).

En la figura N° 6, se puede observar la estructura diamétrica del sector, la gran mayoría de los árboles corresponden a diámetros menores; en la clase diamétrica 5 cm. con 1.680 árb/ha (42,2 %) y en la clase diamétrica 10 cm. con 1.602 árb/ha (40,2 %).

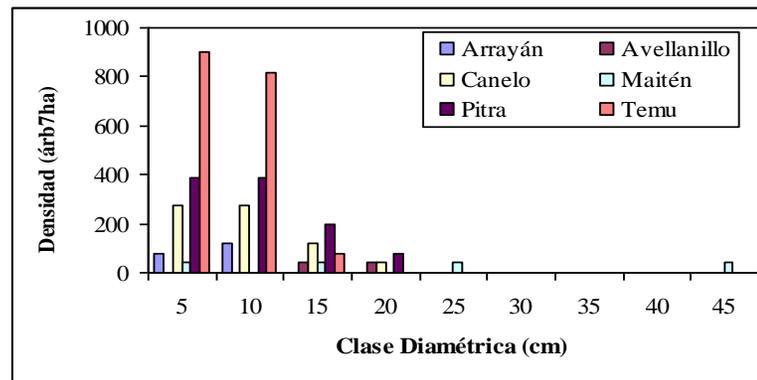


Figura N° 6 Distribución por Clases Diamétricas de individuos arbóreos pertenecientes al Fragmento N° 1 Sector Núcleo de Bosque.

La distribución de las especies por clase diamétrica, indica que es Canelo el que posee un rango de distribución más homogéneo, encontrándose entre los 5 cm. a los 20 cm., concentrando los individuos en las clases diamétricas inferiores. Sin embargo son Temu y Pitra quienes predominan en los diámetros inferiores de esta zona.

La Figura N° 7 indica que la regeneración presente en el sotobosque está formada principalmente por las especies denominadas Otras (Herbáceas, Helechos, Lianas y Epifitas) con 105.000 ind/ha.

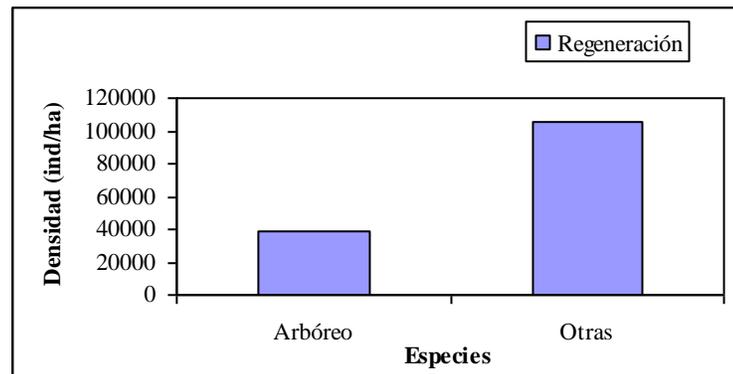


Figura N° 7 Distribución de la Regeneración presente en el Fragmento N° 1 Sector Núcleo de Bosque.

La regeneración arbórea consta de 39.000 árb/ha, formada mayormente por Temu en un 76,9% (30.000 árb/ha), acompañada en menores proporciones por Arrayán (1,3%), *Lomatia dentata* (R. Et P.) R. Br (Avellanillo) (11,5%) y *Citronella mucronata* (Naranjillo) (10,3%).

El Núcleo de Bosque del Fragmento N° 1 corresponde a un Bosque cuya cobertura de copas es bastante densa, debido al gran número de individuos arbóreos (Temu y Pitra) presentes en el sector, lo cual concuerda con lo descrito por Painemal (2006) para un bosque ubicado dentro de la misma Comunidad. Ramírez *et al*, (1996) indican que la formación de sotobosque solo se presenta cuando ha existido fragmentación del rodal o apertura del dosel, lo cual se refleja en la escasa regeneración que se puede visualizar y la gran cantidad de *Chusquea coleu* (Colihue), además se atribuye pérdida de plantas debido al anegamiento que se provoca en el período invernal. Se destaca también la gran cantidad de especies con daño evidente ocasionado por insectos presentando un estado sanitario bastante preocupante, las especies afectadas son principalmente Pitra y Canelo; además no presentan regeneración en el área muestreada.

4.1.1.2 Fragmento N° 1, Sector Borde de Bosque

a).- Estudio de la Composición Vegetacional.

El Fragmento N° 1 en el sector Borde de Bosque está compuesto por 10 familias, encontrándose el estrato arbóreo formado por 6 especies de las familias Myrtaceae, Proteaceae, Winteraceae y

Celastraceae. A la familia Myrtaceae pertenecen 3 especies: Arrayán, Pitra y Temu, y a la familia Proteaceae las especies Avellanillo y *Gevuina avellana* (Avellano); el estrato regenerativo del bosque contiene 6 especies arbóreas de las cuales 3 pertenecen a la familia Myrtaceae (Pitra y Temu) y las restantes a las familias Proteaceae, Celastraceae e Icacinaceae (Anexo N° 4).

b).- Estructura Cuantitativa de la Vegetación

El número total de especies con desarrollo arbóreo en el ecosistema boscoso corresponden a 7, con una densidad de 4.063 árb/ha, el Cuadro N° 5 muestra una estructura dominada por individuos de la especies Canelo, Pitra y Temu, con 1.094 árb/ha (27%), 1.016 árb/ha (25%) y 1.016 árb/ha (25%) respectivamente (Anexo N° 5).

Cuadro N° 4 Parámetros estructurales del Sector Borde de Bosque, Fragmento N° 1.

Especie	N (árb/ha)	Ht (m)	AB (m ² /ha)
Arrayán	234	11,8	1,92
Avellano	39	14,0	0,31
Canelo	1094	13,5	16,49
Maitén	78	15,0	2,61
Pitra	1016	14,0	19,33
Temu	1016	11,7	5,45
Total	4063	13,1	48,40

Las alturas promedio de los individuos arbóreos fluctúan entre los 11,7 m y los 15,0 m, para Temu y Maitén respectivamente. El Área Basal Total corresponde es 48,40 m²/ha, valor representado principalmente por Pitra con 19,33 m²/ha (39,9 %), Canelo con 16,49 m²/ha (34.1 %) y Temu con 5,45 m²/ha (11,3 %).

En la figura N° 8, se puede observar la estructura diamétrica del sector, la gran mayoría de los árboles corresponden a diámetros inferiores; en la clase diamétrica 5 cm. con 1.914 árb/ha (47,1 %), en la clase diamétrica 10 cm. con 938 árb/ha (23,1 %) y en la clase diamétrica 15 cm. con 703 árb/ha (17,3 %).

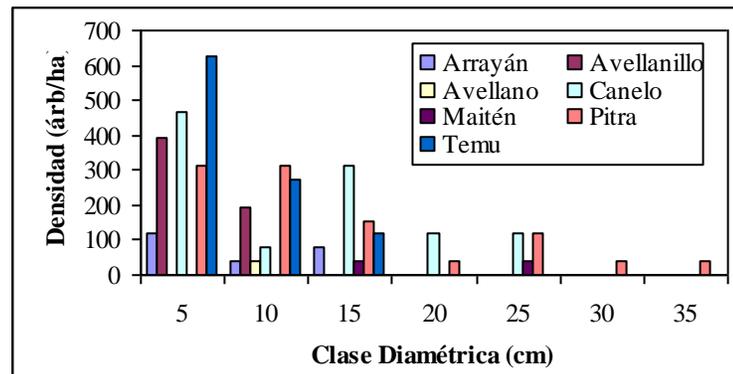


Figura N° 8 Distribución por Clases Diamétricas de individuos arbóreos pertenecientes al Fragmento N° 1 Sector Borde de Bosque.

La distribución de las especies por clases diamétricas, indica que es Pitra la especie con un rango de distribución más amplio, encontrándola en todas las clases diamétricas de este sector; a su vez también se distribuyen ampliamente las especies Canelo y Temu por las clases diamétricas inferiores.

La Figura N° 9 indica que la regeneración presente en el Sotobosque está formada principalmente por especies Arbóreas con 55.000 árb/ha.

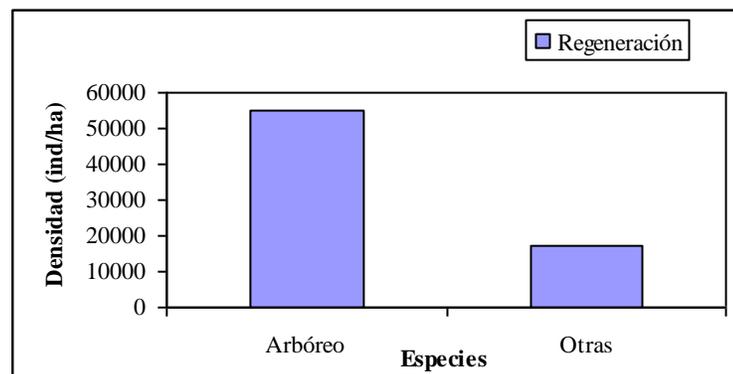


Figura N° 9 Distribución de la Regeneración presente en el Fragmento N° 1 Sector Borde de Bosque.

La regeneración arbórea está formada mayormente por Temu en un 39,1 % (21.500 árb/ha) y Naranjillo en un 36,4 % (20.000 árb/ha), en menores proporciones se encuentra Maitén, Pitra, Avellanillo y Chacay Blanco.

Entre la regeneración presente en el sector también encontramos las denominadas Otras con 17.000 ind/ha.

El Sector Borde de Bosque del Fragmento N° 1, corresponde a un área altamente poblada por individuos arbóreos de clases diamétricas inferiores, con una cobertura de copas bastante densa, es dominado por Canelo, Temu y Pitra, esta última especie presenta gran cantidad de individuos con problemas sanitarios. Las alturas promedio encontradas 13,1 m., concuerdan con lo planteado por Ramírez *et al*, (1983) y Carrillo *et al*, (1992), quienes describen este tipo de bosques con alturas inferiores a 10 m. y alturas promedio de 15 m. respectivamente.

El Sector Borde de Bosque posee una densidad arbórea levemente superior (2 %) al Núcleo de Bosque, constituyéndose ambos principalmente por las mismas especies; Temu, Pitra y Canelo.

El sector Borde es superior en altura promedio por 30 cm., siendo en ambos sectores la especie Maitén la que alcanza una mayor altura. El Área Basal total también es mayor en el Borde de Bosque (23 %), esto se explica debido al mayor número de individuos arbóreos presentes en las clases diamétricas superiores (CD 25 cm., 30 cm. y 35 cm.) y a la similar densidad existente en las clase diamétricas inferiores.

El número de individuos presentes en la regeneración arbórea es mayor un 29 % en el Borde del Bosque, predominando en ambas situaciones Temu como especie con mayor número de árb/ha, esta situación se produce debido a las condiciones de humedad y sombra que prevalecen en estos sectores (Hoffman, 1997).

4.1.2 Fragmento N° 2

4.1.2.1 Fragmento N° 2, Sector Núcleo de Bosque.

a).- Estudio de la Composición Vegetacional

El Fragmento N° 2 en el sector Núcleo de Bosque está compuesto por 13 familias, encontrándose el estrato arbóreo formado por 7 especies de las familias Proteaceae, Monimiaceae, Winteraceae, Lauraceae y Myrtaceae, a esta última pertenecen 3 especies: *Amomyrtus luma* (Luma), Pitra y Temu; el estrato regenerativo del bosque contiene 6 especies arbóreas de las cuales 2 pertenecen a la familia Myrtaceae (Luma y Pitra) y las restantes a las familias Proteaceae, Winteraceae e Icacinaceae (Anexo N° 6).

b).- Estructura Cuantitativa de la Vegetación

El número total de especies con desarrollo arbóreo en el ecosistema boscoso corresponden a 7, con una densidad de 1.563 árb/ha, el Cuadro N° 6 muestra una estructura dominada por individuos de la especie Temu, con 547 árb/ha, densidad que corresponde a un 35% y Pitra con 508 árb/ha que corresponde a un 32,5 % (Anexo N° 7).

Cuadro N° 5 Parámetros estructurales del Sector Núcleo de Bosque, Fragmento N° 2.

Especie	N (árb/ha)	Ht (m)	AB (m ² /ha)
Avellanillo	117	7,8	0,23
Boldo	195	9,0	3,068
Canelo	78	10,9	0,15
Lingue	78	16,0	2,45
Luma	39	8,0	0,08
Pitra	508	15,6	42,80
Temu	547	13,6	17,64
Total	1563	11,6	66,42

Las alturas promedio de los individuos arbóreos fluctúan entre los 7,8 m y los 15,6 m, para Avellanillo y Maitén respectivamente. El Área Basal Total corresponde a 66,42 m²/ha, valor representado principalmente por Pitra con 42,8 m²/ha (64,4%) y Temu con 17,64 m²/ha (26,6 %).

Los individuos arbóreos pertenecientes a este sector poseen una distribución homogénea en las distintas clases diamétricas, sin embargo es la clase diamétrica 5 cm. la que posee un mayor número de árboles (40 %), esto influenciado principalmente por la presencia de Temu.

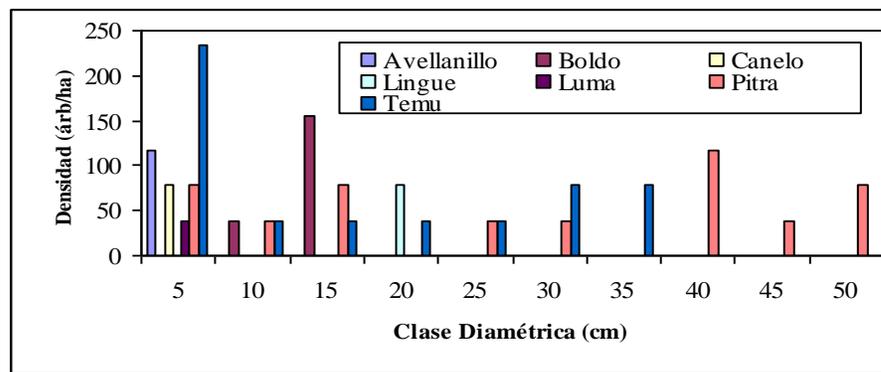


Figura N° 10 Distribución por Clases Diamétricas de individuos arbóreos pertenecientes al Fragmento N° 2 Sector Núcleo de Bosque.

La distribución de las especies por clase diamétrica, indica que es Pitra la que posee un rango de distribución más amplio, encontrándose entre los 5 cm. a los 50 cm., existe un mayor número de individuos de esta especie en las clases diamétricas superiores. En las clases diamétricas inferiores predominan Temu, Boldo y Avellanillo.

La Figura N° 11 indica que la regeneración presente en el Sotobosque está formada principalmente por las especies denominadas Otras con 87.000 ind/ha.

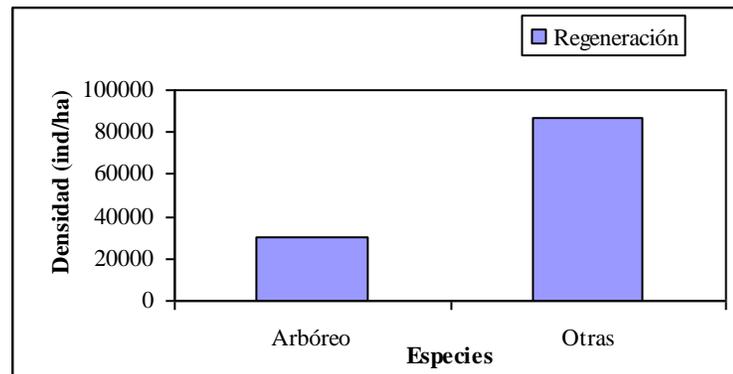


Figura N° 11 Distribución de la Regeneración presente en el Fragmento N° 2 Sector Núcleo de Bosque.

La regeneración arbórea consta de 30.000 árb/ha, formada mayormente por Naranjillo con un 48,3 % (14.500 árb/ha) y Avellanillo con un 28,3 % (8.500 árb/ha), acompañadas en menores proporciones por Canelo (5 %), Chacay (1,7 %), Luma (3,3%) y Pitra (13,3 %).

El Núcleo de Bosque del Fragmento N° 2 corresponde a un Bosque cuya cobertura de copas se encuentra cerrada en gran parte del sector, esto por la amplitud que alcanzan las copas de los árboles, principalmente Pitra y Temu. La regeneración arbórea es bastante escasa producto del pisoteo y ramoneo provocado por el ingreso de animales al sector (Vacas y Cerdos), además del anegamiento que se provoca en el período invernal. La distribución diamétrica es típica de un bosque coetáneo, con individuos arbóreos en todas sus clases diamétricas, principalmente en las clases diamétricas inferiores. El Área Basal Total alcanza un alto valor (66,42 m²/ha), esto debido a la alta presencia de Pitra y Temu de diámetros superiores.

4.1.2.2 Fragmento N° 2, Sector Borde de Bosque

a).- Estudio de la Composición Vegetacional.

El Fragmento N° 2 en el sector Borde de Bosque está compuesto por 12 familias, encontrándose el estrato arbóreo formado por 5 especies de las familias Monimiaceae, Winteraceae y Myrtaceae, a esta última pertenecen 3 especies: Arrayán, Pitra y Temu; el estrato regenerativo del bosque

contiene 6 especies arbóreas de las cuales 2 pertenecen a la familia Myrtaceae (Pitra y Temu) y las restantes a las familias Proteaceae, Winteraceae e Icacinaceae (Anexo N° 8).

b).- Estructura Cuantitativa de la Vegetación

El número total de especies con desarrollo arbóreo en el ecosistema boscoso corresponden a 5, con una densidad de 1.172 árb/ha, el Cuadro N° 7 muestra una estructura dominada por individuos de la especies Boldo con 391 árb/ha (33,4 %), Pitra con 352 árb/ha (30 %) y Temu 234 árb/ha (20 %) (Anexo N° 9).

Cuadro N° 6 Parámetros estructurales del Sector Borde de Bosque, Fragmento N° 2.

Especie	N (árb/ha)	Ht (m)	AB (m ² /ha)
Arrayán	117	11,5	1,69
Boldo	391	12,0	7,13
Canelo	78	16,0	3,14
Pitra	352	13,3	11,20
Temu	234	13,9	2,61
Total	1172	13,3	25,77

Las alturas promedio de los individuos arbóreos fluctúan entre los 11,5 m y los 16,0 m, para Arrayán y Canelo respectivamente. El Área Basal Total corresponde es 25,77 m²/ha, valor representado principalmente por Pitra con 11,20 m²/ha (43,5 %), Boldo con 7,13 m²/ha (27,7 %) y Canelo con 3,14 m²/ha (12,2 %).

En la figura N° 12, se puede observar la estructura diamétrica del sector, la gran mayoría de los árboles corresponden a diámetros inferiores a 20 cm. siendo las clases diamétricas 10 y 15 cm. las con mayor número de árboles, 391 árb/ha (33,4 %) cada una.

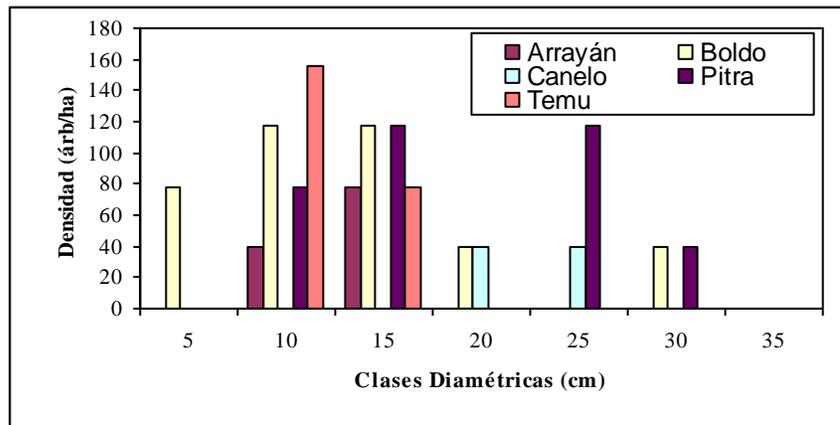


Figura N° 12 Distribución por Clases Diamétricas de individuos arbóreos pertenecientes al Fragmento N° 2 Sector Borde de Bosque.

La distribución de las especies por clases diamétricas, indica que es Boldo la especie con un rango de distribución más amplio, el cual va desde los 5 cm. hasta los 30 cm. siendo más abundante en las clases diamétricas inferiores; también se distribuye ampliamente la especie Pitra entre las clases diamétricas 10 cm. y 30 cm.

La regeneración presente en el Sotobosque está compuesta principalmente por las especies denominadas Otras con 130.000 ind/ha.

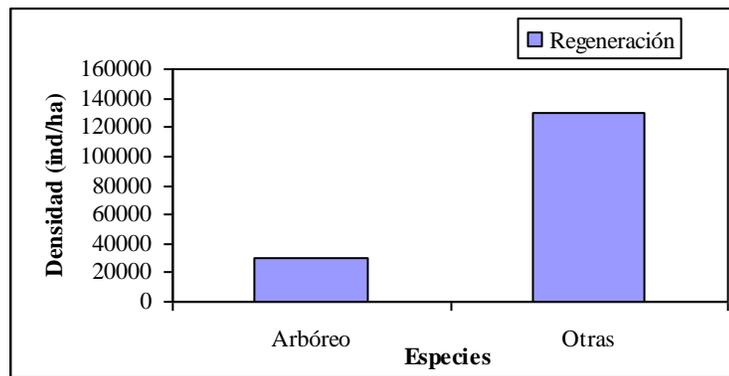


Figura N° 13 Distribución de la Regeneración presente en el Fragmento N° 2 Sector Borde de Bosque.

La regeneración arbórea corresponde a 30500 árb/ha, formada por Pitra 14.000 (45,9 %) y Avellanillo 4.500 (14,8%), acompañadas por Canelo 3.000 (9,8 %), Chacay Blanco 2.000 (6,6 %), Naranjillo 4.000 (13,1 %) y Temu 3.000 (9,8 %).

El Sector Borde de Bosque del Fragmento N° 2 corresponde a un área con estructura diamétrica coetánea con mayor presencia de individuos arbóreos en las clases diamétricas inferiores, este sector posee una escasa presencia de regeneración arbórea, principalmente por el ingreso de animales al bosque.

El Sector Núcleo de Bosque posee una densidad arbórea superior (25 %) al Borde de Bosque, constituyéndose ambos principalmente por las mismas especies; Temu, Pitra y Boldo. Las especies de la familia Mirtáceae dominan este sector debido a que se desarrollan principalmente en sitios húmedos, llegando a crecer incluso dentro del agua (CONAF, 1998).

El sector Borde es superior en altura promedio por 1,7 m., siendo la especie Canelo la que alcanza mayor altura promedio (16,0 m) a diferencia del sector Núcleo donde son Lingue y Pitra las especies de mayor altura promedio, 16, 0 m. y 15,6 m. respectivamente.

El Área Basal total es mayor en el Núcleo de Bosque, existiendo una diferencia de 40,65 m²/ha, esto se explica debido al mayor número de individuos arbóreos presentes en las clases diamétricas superiores (CD 35 cm. a CD 50 cm.) y a la similar densidad existente en las clase diamétricas inferiores.

El número de individuos presentes en la regeneración arbórea es similar en ambos sectores del Bosque, predominando en el sector Núcleo de Bosque el Naranjillo como especie dominante y en el Borde de Bosque la especie Pitra domina la regeneración arbórea, en ambas situaciones el Avellanillo acompaña como especie con mayor número de árb/ha.

4.1.3 Índices de Diversidad

En el Cuadro N° 7 se indica que la riqueza de especies presenta valores similares para los sectores Núcleo de Bosque del fragmento N° 1 y los Borde de Bosque de ambos fragmentos, siendo el sector Núcleo de Bosque del Fragmento N° 2 el que esta formado por un mayor número de especies (21 especies) (Anexo N° 10 y N° 11).

Cuadro N° 7 Índices de Diversidad Alfa.

Índices	Fragmento N° 1		Fragmento N° 2	
	Núcleo	Borde	Núcleo	Borde
Riqueza Especifica	15	16	21	16
Diversidad Margalef	1,176	1,335	1,712	1,251
Equidad Shannon-Wiener (H)	1,739	1,448	2,140	2,276
H max	2,708	2,772	3,044	2,772
Equidad de Pielou	0,642	0,522	0,703	0,821

El índice de Diversidad de Margalef, indica que para el caso del Fragmento N° 1 es el sector Borde de Bosque en donde existe una mayor diversidad de (1,335); para el Fragmento N° 2 es el sector Núcleo de Bosque el que posee una mayor diversidad (1,772), al comparar los 2 sectores que poseen la misma riqueza especifica se establece que el sector Borde de Bosque del Fragmento N° 1 (1,335) posee una mayor diversidad que el Borde de Bosque del Fragmento N° 2 (1,251), esta situación acontece debido al menor número de individuos presentes en el Borde de Bosque del Fragmento N° 1.

El índice de Shannon-Wiener (Anexo N° 12) presenta una valor mayor en el Núcleo de Bosque (1,739) por sobre el Borde de Bosque (1,448) en el Fragmento N° 1, el índice de Pielou indica a su vez que la distribución de las especies es más equilibrada en el sector Núcleo de Bosque alcanzando un 64,2 % de la máxima equidad posible en el sector, valor superior al 52, 2 % que se indica para el sector Borde de Bosque. Para el Fragmento N° 2 se establece un valor superior en

el sector Borde de Bosque (2,276) por sobre el Núcleo de Bosque (2,140), según el índice de Pielou la distribución de las especies es más equitativa en el sector Borde de Bosque, alcanzando un 82,1 % de la máxima equidad posible en la distribución boscosa.

Para probar la hipótesis nula de que las diversidades presentes en los diferentes sectores son iguales, se siguió el procedimiento propuesto por Hutcheson en 1970 (citado por Moreno, 2001), a través del índice de diversidad ponderado H_p , el cuál concluyó que la diversidad de los diferentes sectores no es igual.

El Figura N° 14 establece que comparativamente los sectores en cada Fragmento no poseen la misma composición vegetacional; para el caso del Fragmento N° 1 se indica que el 55 % de las especies se distribuyen en ambos sectores; para el caso del Fragmento N° 2 este valor indica que el 48 % de las especies son similares en ambas situaciones (Anexo N° 13).

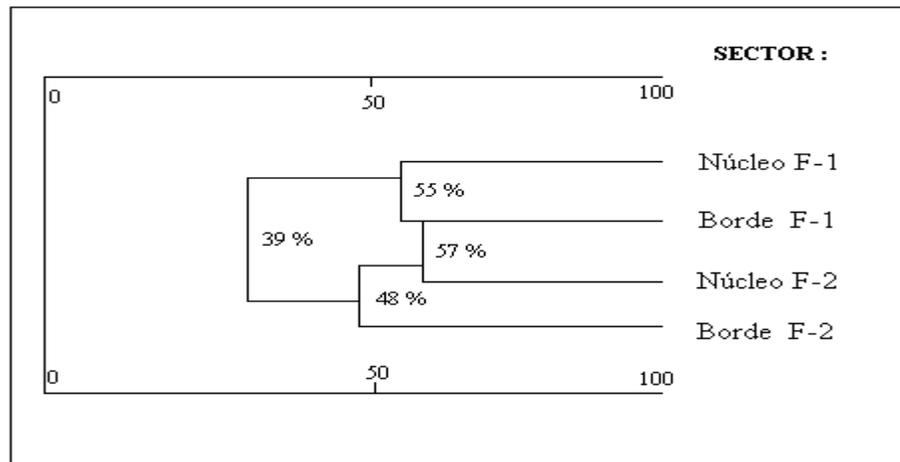


Figura N° 14. Dendrograma de Similitud Florística entre sectores.

La similitud florística comparada entre el sector Núcleo de Bosque del Fragmento N° 1 y el Núcleo de Bosque del Fragmento N° 2, indica que tan solo el 39 % de las especies se encuentran distribuidas en ambos lugares. Se establece un valor superior (57 %) en la comparación del Borde de Bosque del Fragmento N° 1 y el Borde de Bosque del Fragmento N° 2.

4.2 Caracterización Química de los Suelos

4.2.1 Fragmento N° 1

Al comparar los análisis químicos de suelo presentados en el Cuadro N° 8, para los sectores estudiados en el Fragmento N° 1 encontramos características químicas similares en los tres sectores; los macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) indican suelos empobrecidos y además con pH fuertemente ácidos, al igual que los evaluados por Painemal (2006) en sitios pertenecientes a la comunidad Cumil Lizama.

Cuadro N° 8 Análisis Químico de Suelos Fragmento N° 1.

Fragmento N° 1	Núcleo	Borde	Matriz
N (mg/kg)	29	26	25
P (mg/kg)	9	6	10
K (mg/kg)	117	66	90
pH (en agua)	5,15	5,20	4,86
MO (%)	9	8	7
K (cmol+/kg)	0,30	0,17	0,23
Na (cmol+/kg)	0,10	0,07	0,06
Ca (cmol+/kg)	2,92	2,79	1,56
Mg (cmol+/kg)	1,74	1,16	0,52
Al (cmol+/kg)	0,99	0,86	1,89
Sat Al (%)	16,36	17,03	44,37
CICE (cmol+/kg)	6,05	5,05	4,26
S. Bases (cmol+/kg)	5,06	4,19	2,37

La cantidad de cationes intercambiables K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} son levemente superiores en el núcleo de Bosque, la excepción se encuentra para el caso del Al^{3+} el cual se encuentra en mayor cantidad en la Matriz (Pradera), sin embargo los niveles de Al^{3+} son considerablemente altos en los 3 sectores evaluados, resultando alarmante el % Saturación de Aluminio de 44.37% en la Matriz, lo que solamente puede ser explicado por el manejo intensivo agrícola al cual ha sido sometido este suelo.

La Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo (CICE) y la Suma de Bases, también presentan valores superiores en el Núcleo de Bosque por sobre las otras 2 situaciones evaluadas; siendo también en los 3 sectores valores muy bajos.

4.2.2 Fragmento N° 2

El Cuadro N° 9 presenta los análisis químicos de suelo para los sectores Núcleo de Bosque, Borde de Bosque y Matriz del Fragmento N° 2, se encuentran características similares para los 3 sectores en cuanto a los macronutrientes; las diferencias se encuentran marcadas en el sector Matriz (Pradera), lugar en donde el Fósforo (P) alcanza valores altos y el Potasio (K) con valores bajos. El pH en los 3 sectores es ácido, siendo el Borde de Bosque el que posee un valor más moderado.

Cuadro N° 9 Análisis Químico de Suelos Fragmento N° 2.

Fragmento N° 2	Núcleo	Borde	Matriz
N (mg/kg)	31	26	29
P (mg/kg)	17	14	42
K (mg/kg)	109	98	39
pH (en agua)	5,11	5,58	5,03
MO (%)	12	10	11
K (cmol+/kg)	0,28	0,25	0,1
Na (cmol+/kg)	0,18	0,16	0,14
Ca (cmol+/kg)	3,58	4,84	2,64
Mg (cmol+/kg)	1,82	2,64	1,09
Al (cmol+/kg)	0,83	0,12	0,79
Sat Al (%)	12,41	1,5	16,6
CICE (cmol+/kg)	6,69	8,01	4,76
S. Bases (cmol+/kg)	5,86	7,89	3,97

La cantidad de cationes intercambiables para K^+ , Na^+ es levemente superior en el Núcleo de Bosque; el Ca^{2+} , Mg^{2+} presenta valores superiores en el Borde de Bosque y para el caso del Al^{3+} , este se encuentra en mayor cantidad en el Núcleo del Bosque, lo cual no se ve reflejado en el % de Saturación de Aluminio el que es mayor en la Matriz (Pradera).

La Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo (CICE) y la Suma de Bases, presenta valores superiores en el Borde de Bosque por sobre las otras 2 situaciones evaluadas.

Al comparar ambos Fragmentos de Bosque con sus respectivas Matrices e identificando que en general las características químicas del sector corresponde a suelos empobrecidos, se destaca el alto grado de acidez y concentraciones de Al intercambiable, lo que provoca que ciertos iones

tales como el fosfato sean fuertemente adsorbidos y la actividad microbiana se vea disminuida. Asociado a la acidificación del suelo, se encuentra la disponibilidad de ciertos elementos (Mn, Fe, Al³⁺ y P), ya sea por aumento o disminución, lo que afecta la nutrición vegetal y biología del suelo (Langer, 2007). Mora *et al*, (2006) observó una reducción en la productividad de una pradera (pH 5,1; Al_{sat} 24 %) en un 36 % comparada con una pradera establecida en un suelo previamente encalado (pH 5,6, Al_{sat} 2 %).

Las condiciones químicas de los 6 sectores evaluados indican que es el sector Borde de Bosque del Fragmento N° 2 el que reúne mejores características para el establecimiento y desarrollo de vegetación, esto por tratarse del sector en donde se encuentra el pH menos ácido (5,58), menor Al_{sat} (1,5 %), mayor CICE (8,01 cmol+/kg) y mayor S. de Bases (7,89 cmol+/kg). Además se destacan las propiedades nutritivas del núcleo del bosque, determinadas por el efecto benéfico que produce la cobertura arbórea.

4.3 Microorganismos del Suelo

4.3.1 Cuantificación de esporas de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA)

Las esporas de resistencia de los HMA son las estructuras naturales de dispersión y multiplicación del hongo (Cornejo, 2006), por sus características de tamaño y forma se pueden dispersar con relativa facilidad a nuevos ambientes (Koske y Gemma, 1990). El número de propágulos en el suelo proporciona información sobre la abundancia cualitativa y cuantitativa del hongo (Steubing, 2002).

En esta investigación se analizaron dos fragmentos de bosque nativo, diferenciando tres sectores para cada uno de ellos, estos son: Núcleo, Borde y Matriz; los valores que se entregan son los obtenidos para ambos fragmentos en relación a los sectores y a los tamices.

Los valores que se entregan corresponden a la cantidad de esporas presentes en 100 grs. de suelo rizosférico en los sectores identificados.

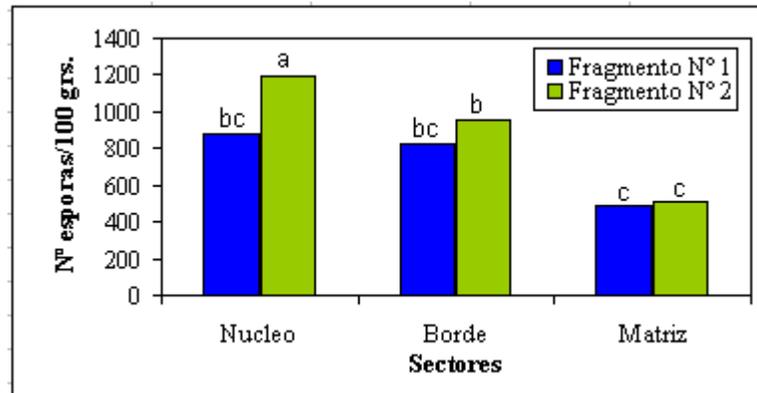


Figura N° 15 Gráfico correspondiente a la variación del número de esporas de HMA (100 grs. de suelo) presentes en los diferentes sectores muestreados. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey P = 0,05)

La figura anterior presenta los siguientes valores, para el Fragmento N° 1 en el Núcleo de Bosque 880 ± 37 esporas /100grs. suelo, en el Borde de Bosque 820 ± 19 esporas /100grs. suelo y en la Matriz 412 ± 36 esporas /100grs. suelo; para el Fragmento N° 2 en el Núcleo de Bosque 1193 ± 27 esporas /100grs. suelo, en el Borde de Bosque 950 ± 79 esporas /100grs. suelo y en la Matriz 508 ± 100 esporas /100grs. suelo. Por lo tanto, la tendencia indica que el Fragmento N° 2 tendría una mayor riqueza cuantitativa de esporas de HMA en cada uno de los sectores estudiados; además, en cada fragmento se identifica un orden por sectores según la cantidad de esporas, encontrándose la mayor cantidad de esporas en el Núcleo de Bosque de los Fragmentos y la menor cantidad en la Matriz de los Fragmentos. La cantidad de inoculo potencial (esporas) se encuentra en cantidades mayores en suelo con cobertura arbórea, con cantidades que duplican el número de esporas encontradas en suelos de Pradera (Matriz); además entre los sectores con cobertura arbórea es el sector con mayor riqueza específica el que contiene los mayores valores de esporas. Al comparar los 2 fragmentos y su riqueza de esporas, podemos apreciar el mayor contenido esporal en el fragmento que cuenta con un bosque menos denso y con una calidad sanitaria superior.

4.3.2 Ensayo de Micorrización

La colonización de la raíz por parte de los hongos micorrízico arbusculares es un factor clave y limitante para el desarrollo de las restantes estructuras, puesto que debido a su micotrofia obligada, el hongo debe colonizar exitosamente una raíz susceptible para posteriormente realizar su desarrollo extraradical (Cornejo, 2006), el grado de colonización micorrízica permite estimar el grado de dependencia de la asociación, la que presenta cambios cualitativos y cuantitativos en el número de estructuras del hongo y su extensión de colonización en el tejido de la raíz (Steubing, 2002).

4.3.2.1 Intensidad de Colonización Micorrízica

De acuerdo a la Figura N° 16, en este ensayo en el que se evaluaron 6 situaciones distintas de sustrato con la especie vegetal *Eucalyptus globulus*, transcurridas 20 semanas de cultivo se producen diferencias significativas en la intensidad de Colonización Micorrízica.

El Fragmento N° 1 presenta una mayor Colonización en el sector Núcleo de Bosque con un 23,3 %, seguido por el sector Borde de Bosque con un 18,6 % y siendo significativamente inferior el sector Matriz con un colonización de un 5,4 %.

El Fragmento N° 2 presenta la mayor Intensidad de Colonización en el sector Núcleo de Bosque con un 29,2 % y significativamente inferiores se establece el Borde de Bosque con un 10,9 % y la Matriz con un 9,1 %.

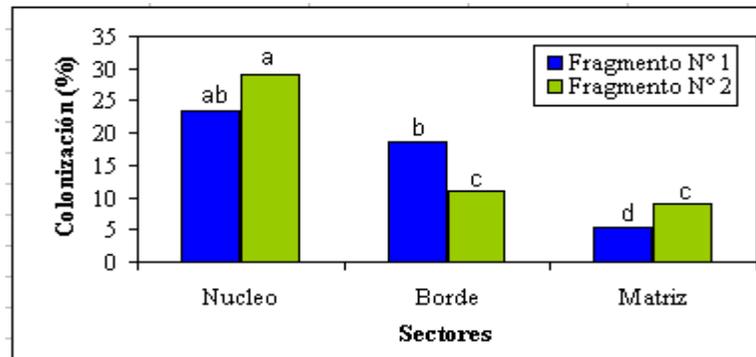


Figura N° 16 Gráfico correspondiente al Porcentaje de Intensidad de Colonización Endomicorrízica en plantas de *Eucalyptus globulus* en los diferentes sectores estudiados para cada Fragmento. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey P = 0,05)

Para ambos Fragmentos de Bosque se establece que la Intensidad de Colonización Micorrizica disminuye desde el Núcleo de Bosque hacia la Matriz, obteniendo valores superiores para el Fragmento N° 2 en los sectores Núcleo de Bosque y Matriz, a diferencia de lo que sucede en el Borde de Bosque, donde la micorrización es mayor para el Fragmento N° 1.

4.3.2.2 Caracterización Plantas *Eucaliptus globulus*

a).- Largo de Tallo.

La medición de este parámetro indica que luego de repicar las plantas de *E. globulus* en los diferentes sustratos a evaluar, todos los sectores mostraron incrementos en altura a diferentes niveles (Figura N° 17).

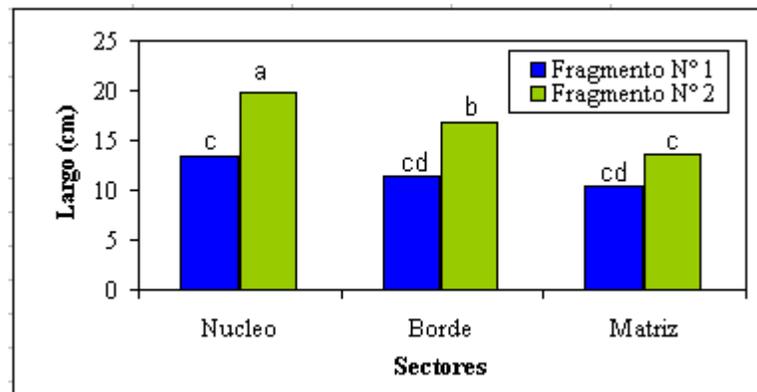


Figura N° 17 Largo de tallo promedio por Sectores en plantas de *E. globulus*. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey P = 0,05)

El Fragmento N° 1 alcanzó el mayor largo de tallo en el Núcleo de Bosque con 13,4 cm., a continuación el Borde de Bosque con 11,4 cm. y las plántulas del sector Matriz con 10,4 cm.

El Fragmento N° 2 sigue la misma tendencia encontrada en la situación anterior, siendo el Núcleo de Bosque el sector en donde *E. globulus* incrementa mayormente su tallo alcanzando los 19,8 cm., seguido del Borde de Bosque con 16,8 cm. y la Matriz con 13,6 cm.

Entre ambos fragmentos se visualiza que las plántulas de *E. globulus* lograron un mayor desarrollo de tallo en todos los sectores del Fragmento N° 2, inclusive se observa como su menor largo de tallo presente en la Matriz también es superior al mayor desarrollo obtenido en el Núcleo de Bosque del Fragmento N° 2.

b).- Largo de Raíz.

La medición del desarrollo radicular alcanzado por las plantas de *E. globulus* permite observar diferencias significativas en los distintos sustratos evaluados (Figura N° 18).

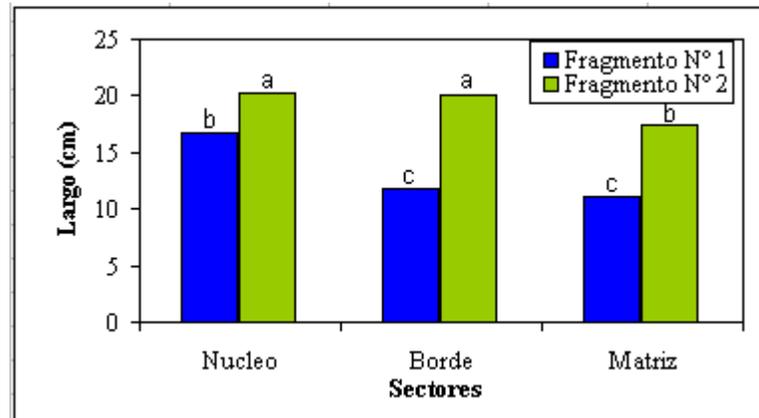


Figura N° 18 Largo de Raíz promedio por Sectores en plantas de *E. globulus*. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey P = 0,05)

El Fragmento N° 1 alcanzó el mayor largo de raíz en el Núcleo de Bosque con 16,7 cm., a continuación el Borde de Bosque con 11,8 cm. y las plántulas del sector Matriz con 11,1 cm.

El Fragmento N° 2 sigue la misma tendencia encontrada en la situación anterior, siendo el Núcleo de Bosque el sector en donde *E. globulus* incrementa mayormente su tallo alcanzando los 20,2 cm., seguido del Borde de Bosque con 20 cm. y la Matriz con 17,5 cm.

Entre ambos fragmentos se visualiza que las plántulas de *E. globulus* lograron un incremento mayor en las raíces de las plántulas situadas en todos los sectores del Fragmento N° 2, se observa como el menor largo de raíz presente en la Matriz también es superior al mayor desarrollo radicular obtenido en el Núcleo de Bosque del Fragmento N° 1.

c).- Biomasa Aérea.

La Figura N° 19 indica que el peso seco de la sección aérea de las plántulas de *E. globulus* presenta diferencias significativas, siendo mayor la diferencia entre el sector Núcleo y Borde Bosque del Fragmento N° 2 y las restantes situaciones evaluadas.

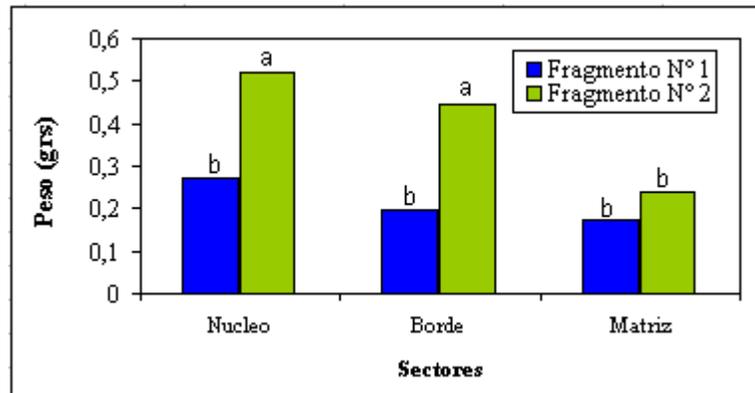


Figura N° 19 Peso seco de Tallo en plantas de *E. globulus*. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey P = 0,05)

El Fragmento N° 1 logró su mayor peso seco promedio en el sector Núcleo de bosque con 0,273 grs., posteriormente se ubica el borde de Bosque con 0,198 grs. y la Matriz con 0,174 grs.

El fragmento N° 2 presenta su mayor peso seco promedio en el Núcleo de Bosque con 0,521 grs., a continuación el sector Borde de Bosque con 0,444 grs. y la Matriz con 0,240 grs.

4.4 Identificación de variables críticas y Recomendaciones.1

Las variables críticas que se identificaron en el estudio de 2 fragmentos de Bosque Nativo, corresponden principalmente a las condiciones de suelo y al grado de intervención que han sufrido ambos sectores.

Ambos Fragmentos en sus 3 sectores, Núcleo de Bosque, Borde de Bosque y Matriz (Pradera) poseen condiciones químicas propias de suelos empobrecidos, identificando principalmente pH extremadamente ácidos y con altos niveles de Aluminio, estos rangos se repiten tanto en lugares anegados en época invernal como también en sectores que no sufren esta situación, como es el

caso de las zonas de cultivo. Painemal (2006), evaluó el establecimiento de *Peumus boldus* (Boldo) y *Aristotelia chilensis* (Maqui) en un territorio cercano dentro de la misma Comunidad Cumil Lizama sin obtener resultados positivos, atribuyendo la muerte de las plantas a las escasas precipitaciones y al elevado porcentaje de Saturación de Aluminio (11,3 %).

La constante intervención a la que fueron expuestos estos bosques en las últimas décadas ha generado fragmentos de bosque nativo con una baja riqueza específica y con escasa regeneración arbórea.

El Fragmento N° 1 corresponde a un bosque con un elevado número de árboles por hectárea (4000 árb/ha promedio), formado principalmente por Temu y Pitra, entre las cuales se identificó un gran número de individuos de Pitra con problemas de sanidad; además en este lugar el desarrollo de la regeneración es bastante escaso, correspondiendo principalmente a la especie Temu.

El Fragmento N° 2 corresponde a un sector de bosque que fue intervenido en forma constante hasta hace 35 años para extraer madera y leña de Pitra y Temu¹, por lo que este bosque posee un menor número de árboles por hectárea (1350 árb/ha promedio), la regeneración arbórea es también escasa debido al constante ingreso de animales al interior del bosque, perdiendo plantas ya sea por ramoneo o por pisoteo.

Como recomendaciones de actividades a realizar, se indican las siguientes:

- Conectar los fragmentos de bosque nativo, utilizando plantas de las especies propias del lugar e incorporar otras de crecimiento rápido que le den el soporte y protección en las primeras etapas de desarrollo, además Bustamante y Grez (1995) indican que una forma de proteger los fragmentos remanentes consiste en incorporar especies de rápido crecimiento en el borde de los fragmentos.

¹ Conversación Personal con Don Omar Pichicon, propietario del Bosque.

- Cercar los fragmentos de bosque nativo y los posibles enriquecimientos de vegetación, para evitar el ingreso de ganado al interior del bosque, dejando actuar la regeneración natural y protegiendo las nuevas plantas establecidas.

- Identificar a que cepas corresponden las esporas de hongos micorrízicos cuantificadas en este estudio (especialmente aquellas presentes en la matriz) y utilizarlas en el mejoramiento de plantas para el enriquecimiento de los fragmentos de bosque nativo. De esta forma se identificará con que especies nativas se asocia de mejor forma la o las cepas de hongos micorrízicos presentes en el área de estudio.

- Mejorar las condiciones de suelo con la finalidad de aumentar el pH y disminuir el % de Saturación de Aluminio, esto a través de la aplicación de materia orgánica, actualmente guano de animales, o incorporando enmiendas de cal.

- Se recomienda además, estudiar la diversidad de fauna existente evaluando su rol como dispersores y polinizadores en la regeneración del bosque nativo.

5. CONCLUSIONES

- Los fragmentos de bosque nativo estudiados corresponden al tipo humedales, debido a la composición de especies dominantes como; Pitra, Temu y Canelo.
- Ambos fragmentos de bosque nativo se encuentran en proceso de empobrecimiento, respaldado por los indicadores de diversidad como; la escasa riqueza específica y baja regeneración de las especies arbóreas.
- El Fragmento N° 2 presenta una riqueza específica levemente superior atribuida a la mayor luminosidad que posee este sector, debido a una menor densidad arbórea y una menor cobertura de copas.
- Las condiciones químicas de los suelos estudiados evidencian empobrecimiento de estos, debido a los bajos niveles de Nitrógeno y Potasio, pH extremadamente ácidos y altas concentraciones de Aluminio. Sin embargo, los sitios con cobertura arbórea presentan niveles levemente superiores.
- La presencia de microorganismos (esporas de hongos micorrízicos), está relacionada con la cobertura arbórea y las mejores condiciones químicas de los suelos. En este estudio esto fue respaldado por el mayor número de esporas presentes en el núcleo y borde de los fragmentos de bosque nativo.

6. RESUMEN

La Restauración ecológica tiene como finalidad recuperar las condiciones medioambientales que prevalecieron en un sitio dado y que fueron afectadas negativamente por diferentes intervenciones, naturales o antropogénicas. Se basa en el trabajo desarrollado específicamente en cada sitio, a través del conocimiento de los sistemas ecológicos y las perspectivas de las partes interesadas.

En la actualidad, se ha incorporado el estudio de los microorganismos del suelo como factor importante en la restauración de ambientes degradados, investigándolos bajo 2 puntos de vista: i). indicador del estado del ecosistema y componente del ecosistema y ii). componente del ecosistema manipulado para acelerar la recuperación del sistema. Esta relevancia la poseen los hongos micorrízicos, quienes mejoran el establecimiento, la supervivencia y desarrollo de las plantas; establecer esta interacción entre planta, suelo y hongo antes de su establecimiento en terreno es de gran importancia para objetivos de restauración.

En el presente estudio se analizan 2 fragmentos de Bosque Nativo identificados por los miembros de la Comunidad Mapuche Cumil Lizama como espacios ecológicamente relevantes para la medicina y cultura; para esto se realiza la descripción cualitativa y cuantitativa de la vegetación, descripción química de los suelos y descripción de la riqueza de microorganismos del suelo (Hongos micorrízicos).

La descripción de la vegetación indicó que se trata de 2 fragmentos de bosque nativos con bastante intervención y escasa regeneración arbórea, por efecto principalmente del ingreso de ganado y del maderero realizado hace 4 décadas en el Fragmento N° 2; la Riqueza Específica más alta (21 spp) y el mayor índice de Margalef (1,712) se encontraron en el Núcleo Bosque del Fragmento N° 2, el índice de Shannon-Wiener más alto (2,276) y más cercano a su valor máximo (2,772) de equidad corresponde al Borde de Bosque del Fragmento N° 2.

Los análisis químicos de suelos para las distintas situaciones demuestran el empobrecimiento nutricional con el que se encuentran estos suelos; además poseen pH altamente ácidos y con un % de saturación de Aluminio elevado, características que en su conjunto no permiten el buen

desarrollo de vegetación en el lugar; siendo la Matriz del Fragmento N° 1 el lugar donde este problema se hace mas notorio (pH= 4,8 y Sat Al (%) 44,3).

La cuantificación de esporas de hongos micorrízicos indica que existe un alto potencial de inóculo en el Núcleo del Fragmento N° 2 (1193 esporas /100grs. suelo), logrando también en este lugar el mayor % de Intensidad de Micorrización y plantas mayor de crecimiento.

Las recomendaciones que se proponen son: conectar ambos fragmentos a través de la reforestación, cercar los fragmentos y posibles enriquecimientos vegetacionales, y mejorar las condiciones químicas del suelo antes del establecimiento de plántulas. Para futuros estudios se recomienda, identificar a que cepas de hongos micorrízicos corresponden las esporas cuantificadas, evaluar que especies nativas obtienen los mejores resultados en la asociación micorrízica; además de estudiar la diversidad de fauna presente y su rol como dispersores y polinizadores del bosque nativo.

7. SUMMARY

The ecological restoration has the objective of recovering the environmental conditions that prevail in a given place, which were affected negatively, by different natural or antropogenic interventions. It is specifically based on the work developed in each place, through the knowledge of the ecological systems, and the perspectives of the interested parts.

At present, the study of the microorganisms of the soil has been incorporated as an important factor in the restoration of degraded environments, investigating them under two view points: i). indicator of the ecosystem condition, and ecosystem component, and ii). component of the manipulated ecosystem to accelerate the recovery of the system. The mycorrhizal fungi possess this relevance, as they improve the settlement, survival and growth of the plants; to establish this interaction among plant, soil and fungi before their settlement on the ground is of a great importance for restoration purposes.

Two native forest fragments were analysed in the present study. They were identified by the Cumil Lizama Mapuche Community members as ecologically relevant spaces, for medicine and culture; so it was performed a qualitative and quantitative vegetation description, chemical soils description, and soil microorganisms richness description.(Mycorrhizal fungi).

The vegetation description indicated that there were two forest native fragments with enough intervention, and limited arboreal regeneration, due to cattle and wood work activities, performed four decades ago in Fragment N°2. The highest specific richness (21 spp), and Margalef's larger indication (1,712) were found at the Core of Fragment N° 2 forest, the highest Shannon-Wiener's indication (2,276), and nearer to its equity maximum value (2,772) correspond to the edge of Fragment 2 forest.

The chemical soils analyses for different situations, demonstrated the soils exhaustion. Further more they possess highly acid Ph, with a high Aluminium saturation. These characteristics do not allow a correct vegetation growth, being Fragment N°1 Matrix the place where this problem is clearly seen (pH = 4,86 AND Sat AL (%) 44,37).

The micorrizic fungi spores quantification indicated that there was a high inoculation potential at the Core of Fragment N° 2 (1193 spores/ 100grs.soil), thus accomplishing the largest mycorrhizal intensity %, and plants growth.

Advisable suggestions are: to connect both fragments through reforestation, surround fragments and possible vegetation enrichments, and improve soil chemical conditions before plants settlement.

It is suggested for future studies, to identify the mycorrhizal fungi rootstalk that correspond to quantified sporas; evaluate which native species get the best results through mycorrhizal association. Besides studying the fauna diversity, and its role as dispersing and pollinizing native forest agents.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, M., Pauchard, A., Azocar, G. y Parra, O. 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 361-374
- Alarcón A., 2001. Micorriza arbuscular. In. R. Ferrera-Cerrato y A. Alarcón (Eds.) *Microbiología agrícola para el siglo XXI*. Mundi Prensa.
- Arnold F. 1998. Sustitución de bosque nativo en Chile. Destrucción de un valioso patrimonio natural. Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora (CODEFF). Donoso, M. y Verscheure, H. (eds). Santiago, Chile. 39 p.
- Azcón-Aguilar C., J. M. Barea 1980 Micorrizas. *Investigación y Ciencia*. 47: 8-16.
- Berkes, F., Colding J. y C. Folke. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications* 10:1251–1262.
- Berkes, F. y Folke C. 2002. Back to the future: ecosystem dynamics and local knowledge. Pages 121–146 in L. H. Gunderson and C. S. Holling, editors. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington D.C.,USA.
- Brown S. y Lugo A. 1994. Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. *Restorant. Ecol.* 2: 97-111.
- Brundrett, M., n. Bougher, T. Grove y N. MA –Lujczak. 1996. Working with micorrizas in forestry and agricultura. ACIAR. Canberra. 374 p.
- Bustamante, R. y Grez A.. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques Nativos. *Ambiente y Desarrollo* VOL. XI N°2. pp 58 -63.
- Bustamante R., Serey I., y Pickett S. 2003. Forest fragmentation, plant regeneration and invasion processes across adges in central Chile. *ecological studies* 162: 145 – 160.
- Bustamante R., Grez A. 2004. Fragmentación del Bosque Nativo: ¿En que estamos?. *Revista Ambiente y Desarrollo*. CIPMA. Santiago, Chile. Vol. XX – N° 1.
- Carrillo R, R Godoy y H. Peredo 1992. Simbiosis micorrícica en comunidades boscosas del valle central en el sur de Chile. *Bosque* 13:57 – 67

- Chapin, F. S., E. S. Zavaleta, V. T. Eviner *et al*, 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234 -242.
- Chung, P. 2005. Hongos micorrícicos comestibles. Opción productiva aplicada a las plantaciones forestales. Aspectos generales. *INFOR*. 55 p.
- Cisternas M, P. Martínez, C. Oyarzún y P. Debels 1999. Caracterización del proceso de reemplazo de vegetación nativa por plantaciones forestales en una cuenca lacustre de la cordillera de Nahuelbuta, VIII Región, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 541-556.
- CONAF – CONAMA 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Proyecto CONAF-CONAMA-BIRF. Santiago, Chile. 90 p.
- CONAF-GTZ 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Proyecto Manejo Sustentable del bosque Nativo. Santiago, Chile. 421p.
- Cornejo P. 2006. Influencia de la cobertura vegetal sobre la diversidad y estructura de las comunidades de hongos micorrícicos y sus efectos en la estabilización de suelos degradados. Universidad de Granada. España. Tesis Doctoral. 266p.
- Cuenca, G., Fajardo, L., De Andrade, Z., Lovera, M., Meneses, E., Márquez, M., Machuca, R. 2003. Pre-selección de plantas nativas y producción de inóculos de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) de relevancia en la rehabilitación de áreas degradadas de la Gran Sabana, Estado Bolívar, Venezuela. *Ecotropicos* 16(1): 27-40.
- De Felipe, M. 2004. Interacciones microorganismos-suelo-plantas en la preservación del Medio Ambiente y la Salud. Real Academia Nacional de Farmacia. Madrid, España. 70: 743-776.
- Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).1998. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Bogotá D. C. N° 14 p.
- Donoso D., Grez A., y Simonetti J. 2004. Effects of forest fragmentation experiments differently-sized seeds. *Biological Conservation*. 115:63-70.
- Donoso C. y A. Lara 1996. Utilización de los bosques nativos en Chile: pasado, presente y futuro. En: Armesto JJ, C Villagrán & MK Arroyo (eds) *Ecología de los bosques nativos de Chile*: 363-387. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Douglas, A. 2010. *The Symbiotic Habit*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. United States of America. 202 p.
- Duran T., J. Quidel y E. Hauenstein 1997. Conocimientos y Vivencias de dos Familias Wenteche sobre Medicina Mapuche. Mapuche Lawentuwün Epu Análisis estructural y estado de conservación de los rodales de temu y pitra ReyñmaWenteche ñi Kimün Mew. Edición Centro de Estudios Socioculturales de la Universidad Católica de Temuco. 99 p.

- FAO 2001. Programa FRA 2000. Causas y tendencias de la deforestación en América latina. Roma. Documento de trabajo 52. 93p. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp>.
- Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165p.
- Gerdemann, J. W. y Nicolson T. H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society 46: 235-244.
- González-Chávez, M.C.A.; Gutiérrez-Castorena, M.C.; Wright, S. 2004. Hongos micorrízicos arbusculares en la agregación del suelo y su estabilidad. TERRA Latinoamericana. Universidad Autónoma Chapingo, México. Vol. 22, Núm. 4, octubre-diciembre. pp. 507-514
- González-Espinosa M., Rey-Benayes J.M. y Ramírez-Marcial N. 2008. Restauración de bosques en América Latina. Mundiprensa, México DF, México.
- Guadarrama, P. 2004. Los hongos micorrizógenos arbusculares en la restauración de comunidades tropicales. Universidad y Ciencia. Número Especial I p.59-65
- Guadarrama, P.; Álvarez, J.; Ramos J. y Sánchez I. 2004. Hongos y Plantas beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. Revista Ciencias. México. N° 73 (Enero – Marzo), p. 38-45.
- Harley, J.L. y S.E. Smith. 1983. Mycorrhizal simbiosis. Academia, Londres, p. 268- 295.
- Harris, J. 2009. Perspectiva: Soil Microbial Communities and Restoration Ecology: Facilitators or Followers? Science 325, p. 573-574
- Harris, J. 2003. Measurements of the soilmicrobial community for estimating the success of restoration. European Journal of Soil Science, December 2003, 54, 801–808.
- Higgs, E. S. 1997. What is good ecological restoration? Conservation Biology **11**: 338–348.
- Hobbs, R. J. y Harris, J.2001. Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millenium. Restoration Ecology Vol. 9 No. 2, pp. 239–24.
- Honnay, O., B. Bossuyt, K. Verheyen, J. Butaye, H. Jacquemyn y M. hermy. 2004. Ecological perspectives for the restoration of plant communities in European temperate forests. Biodiversity and Conservation 11: 213–242.

- Hormazábal C. 1992. Informe final. Comisión medio Ambiente. Resultados y propuestas, Plan de acción forestal para Chile, Santiago. 32 p.
- Huntington, H. P. 2000. Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications* 10:1270–1274.
- INE, 2002. Etnia. Disponible en <http://www.ine.cl/cd2002/etnia.pdf>.
- Jiménez, P. J., Aguirre C., Treviño G., Garza, S. Medellín. G., Alanis F. y Canales E. 2002. Priorización: Grados de Riesgo y Daño en el Área y Vegetación. En: Curso de Restauración de Áreas Quemadas para ONG'S Conservacionistas. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos. 20 p.
- Kattan G. y Murcia C. 2003. A review and síntesis of conceptual frameworks for the study of forest fragmentation. En Bradshaw G. A. y P. A. Marquet (eds). *How landscapes change. Human disturbance and ecosystem fragmentation in the Americas*. Springer-Verlag, New Cork. p.183-200.
- Klironomos, J. N., Mccune J., Hart M. y Neville J. 2000. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. *Ecol. Lett.* 3: 137-141.
- Koske, R. E. y J.N Gemma. 1990. VA mycorrhizae in vegetation of Hawaiian coastal strand: evidence for codispersal of fungi and plants. *American Journal of Botany* 77. 466-474.
- Mirabal, L. y Ortega E. 2008. Reseña: Comunidad microbiana asociada a los hongos micorrizógenos arbusculares (hma). *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 4, p. 13-20
- Moreno C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T- Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Municipalidad de Nueva Imperial. 2004. Diagnóstico Técnico Plan de Desarrollo Comunal. Plan de Desarrollo Comunal 2002-2005, Comuna Nueva Imperial - Secretaria de Planificación. Disponible en sitio web http://www.nuevaimperial.cl/plan_desa.htm.
- Lara A., Aravena J. C., Wolodarsky-Franke A. y Fraver, S. 2003. Fire regimes and forest dynamics in the lake district in south-central Chile. In: Veblen, T.T., Baker, W., Montenegro, G., & Swetnam, T.W. *Fire and Climatic Change in the Temperate Ecosystems of the Western Americas*. Springer-Verlag. 322-342.
- Langer, H. 2007. Diversidad genética, tolerancia a la acidez y efectividad simbiótica de cepas naturalizadas de sinorhizobium meliloti en suelos de la zona centro-sur de Chile. Tesis para optar al grado académico de Doctor en ciencias de Recursos Naturales. Universidad de La Frontera-Temuco 94 p.

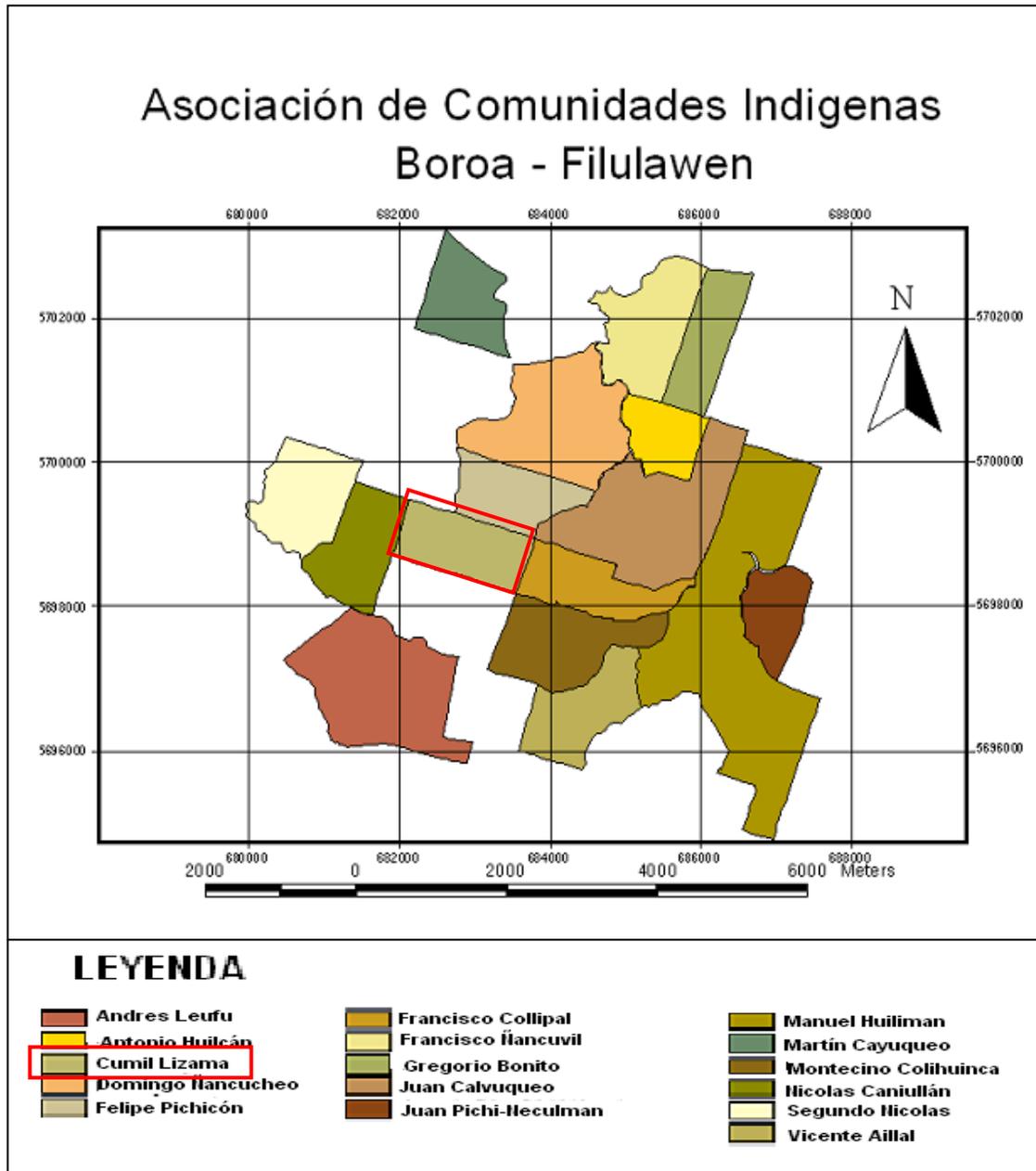
- Luebert, F. y Plischoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.
- Ocampo, J., Jiménez, D., Salas, G., Mena, V., Virgen, C., Flores, O., Olalde, P. 2001. Uso de microorganismos rizosféricos en solanaceas. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Irapuato, México. 85 p.
- Olsson, P. y C. Folke. 2001. Local ecological knowledge and institutional dynamics for ecosystem management: a case study of Lake Racken watershed, Sweden. *Ecosystems* 4:85–104.
- Painemal, I. 2006. Evaluación del establecimiento de *Peumus boldus* Mol. y *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz, en Micrositios prioritarios para la conservación en la Comunidad Indígena Cumil- Lizama. Comuna de Nva. Imperial, IX Región. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 113 p.
- Pate, J. S. 1994. The mycorrhizal association: just one of many nutrient acquiring specializations in natural ecosystems. In: Robson, A. D., L. K. Abbott & N. Malajczuk (eds.), *Management of mycorrhizas in Agriculture and Forestry*, pp 1-10. Kluwer Academic Publishers, London.
- Pereira, G. 2002. Micorrizas, suelos degradados y silvicultura de precisión. *Chile Forestal*. Ene-Feb 2002. N° 289 p.27-29.
- Pereira, G., Machuca, A., Sanchez, M., Rios, D., Arriagada, C. y Herrera, M. 2002. Micorrizas y su relación con el establecimiento de especies leñosas en suelos contaminados. 4 Boletín - Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo (no. 18) p. 133-136
- Peterken, G. 2005. Rebuilding networks of forest habitats in lowland England. *Landscape Research* 25: 291–303.
- Pimm S. L. y P. Raven 2000. Extinction by numbers. *Nature* 403: 843-84
- Ramirez C., C. San Martin y J. Martin 1996. Estructura florística de los bosques pantanosos de Chile sur - central. p. 215-234. En Armesto JJ, C Villagrán y M Kalin arroyo (Ed.) *Ecología de los Bosques nativos de Chile*. Ed. Universitaria.
- Ramírez C., F. Ferriere y H. Figueroa 1983. Estudio fitosociológico de losbosques pantanosos templados del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 11-26.
- Richter, B. y Stutz, J. 2002. Mycorrhizal Inoculation of Big Sacaton: Implications for Grassland Restoration of Abandoned Agricultural Fields. *Restoration Ecology* Vol. 10 No. 4, pp. 607–616

- Sanhueza R. y G. Azócar 2000 Transformaciones ambientales provocadas por los cambios económicos de la segunda mitad del siglo XIX; provincia de Concepción. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis* 45: 181-194.
- Santibáñez, F. y J. Uribe. 1993. Atlas Agro climático de Chile. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 76 p.
- Sala O., Chapin F., Armesto J., Berlow E., y Bloomfield J. 2000. Biodiversity – Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- SER. 2004. Society for Ecological Restoration Internacional. Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Simonetti J., A. Grez y Bustamante R. 2002. El valor de la Matriz en la conservación de la biodiversidad. *Ambiente y desarrollo* 18 (2-3-4):116-118.
- Smith S. E. y Read D. J. Mycorrhizal Simbiosis. Tercera Edición. Academic Press, San Diego, Estados Unidos. 787 p.
- Sol S. A. 1999. Desarrollo de un Modelo Ecológico para la Restauración de Ecosistemas Primarios Alterados por Actividades Productivas. Colegio de Postgraduados. México. Documento técnico. 32 p.
- Sol S. A., Zenteno C., Zamora L. y Torres E. 2002. Modelo para la restauración ecológica de áreas alteradas. *Kuxulkab' Revista de Divulgación*. Vol VII. Número 14, p. 48-60.
- Steubing L., R. Godoy y M Alberdi. 2002. Métodos de ecología vegetal. Ed. Universitaria. Santiago. 345 p.
- Ticktin, T. y Johns T. 2002. Chinanteco management of *Aechmea magdalanae*: implications for the use of TEK and TRM in management plans. *Economic Botany* 56:117–191.
- Van der Heijden, M. G. A. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi as a determinant of plant diversity: in search of underlying mechanisms and general principles. In: Van Der Heijden M. G. A. y I. R. Sanders (eds.), *Mycorrhizal Ecology*, pp. 243-265. *Ecological Studies*. Vol. 157. Springer-Verlag, Berlin.
- Vazquéz, D. 2002. Múltiples efectos de la introducción de mamíferos herbívoros en bosques templados. *Biological Invasions* 4: 175–191
- Vázquez Y. C., A. I. Batis M., M. I. Alcocer Silva., M. G. Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. Proyecto J-084-CONABIO. Instituto de Ecología. Universidad Autónoma de México. México, D. F. Formato Electrónico.

- Veblen TT., Mermoz M., Martín C. y Kitzberger T. 1992. Ecological impacts of introduced animals in Nahuel Huapi National Park, Argentina. *Conservation Biology* 6: 71–83.
- Veldkamp A, y Lambin E. 2001. Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85:1–6.
- Yatesa E., Delphis F., Levia B. y Williams C. 2004. Recruitment of three non-native invasive plants into a fragmented forest in southern Illinois. *Forest Ecology and Management* 190:119–130.
- Zamora, G. 2002. La Restauración Ecológica: una asignatura pendiente. *Ecosistemas, Revista de Divulgación Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. España. Año XI, Nº 1, Enero-Abril 2002.
- Zuñiga, E.; Godoy, R.; Martínez, M. A.; Ricci, M.; (1998) Inoculación de plantas con organismos simbioses: una alternativa para restauración de sitios degradados. *Soc. Chilena de la Ciencia del suelo Boletín* Nº 13 p.32-39

9. ANEXOS

Anexo N° 1. Ubicación Área de estudio, Comunidad Cumil Lizama.



Anexo N° 2. Composición Vegetacional Fragmento N° 1 Sector Núcleo de Bosque.

N	Nombre Científico	Nombre Común	Familia
Estrato Arbóreo Dominante			
1	<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	Myrtaceae
2	<i>Lomatia dentata</i>	Avellanillo	Proteaceae
3	<i>Drymis winteri</i>	Canelo	Winteraceae
4	<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	Celastraceae
5	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Pitra	Myrtaceae
6	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temu	Myrtaceae
Regeneración			
7	<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	Myrtaceae
8	<i>Lomatia dentata</i>	Avellanillo	Proteaceae
9	<i>Chusquea coleu</i>	Colihue	Gramineae
10	<i>Lapageria rosea</i>	Copihue	Philesiaceae
11		Enredadera	
12	<i>Blechnum hastatum</i>	Helecho Peineta	Blechnaceae
13		Liana	
14	<i>Luzuriaga radicans</i>	Quinileja	Luzuriagaceae
15	<i>Citronella mucronata</i>	Naranjillo	Icacinaceae
16	<i>Cissus striata</i>	Pil Pil Voqui	Vitaceae
17	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temu	Myrtaceae
18	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	Rosaceae

Anexo N° 3. Tabla de Rodal del Sector Núcleo de Bosque, Fragmento N° 1.

Anexo N° 3.1 Densidad (árboles/ha)

CD	Arrayán	Avellanillo	Canelo	Maitén	Pitra	Temu	Total
5	78		273	39	391	898	1680
10	117		273		391	820	1602
15		39	117	39	195	78	469
20		39	39		78		156
25				39			39
30							
35							
40							
45				39			39
Total	195	78	703	156	1055	1797	3984

Anexo N° 3.2 Altura Total Promedio (m)

CD	Arrayán	Avellanillo	Canelo	Maitén	Pitra	Temu
5	9		7,9	12	7,7	9,1
10	8,3		12,1		11,1	11,3
15		14	16,3	15	14	14
20		16	19		16,5	
25				17		
30						
35						
40						
45				19		
Total	9	15	14	16	12	11

Anexo N° 3.3 Área Basal (m²/ha)

CD	Arrayán	Avellanillo	Canelo	Maitén	Pitra	Temu	Total
5	0,15		0,54	0,08	0,77	1,76	3,30
10	0,92		2,15		3,07	6,44	12,58
15		0,69	2,07	0,69	3,45	1,38	8,28
20		1,23	1,23		2,45		4,91
25				1,92			1,92
30							
35							
40							
45			0,00	6,21			6,21
Total	1,07	1,92	5,98	8,90	9,74	9,59	37,20

Anexo N° 4 Composición Vegetacional Fragmento N° 1 Sector Borde de Bosque.

N	Nombre Científico	Nombre Común	Familia
Estrato Arbóreo Dominante			
1	<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	Myrtaceaea
2	<i>Lomatia dentata</i>	Avellanillo	Proteaceae
3	<i>Gevuina avellana</i>	Avellano	Proteaceae
4	<i>Drymis winteri</i>	Canelo	Winteraceae
5	<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	Celastraceae
6	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Pitra	Myrtaceae
7	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temu	Myrtaceae
Regeneración			
8	<i>Lomatia dentata</i>	Avellanillo	Proteaceae
9		Chacay Blanco	
10	<i>Chusquea coleu</i>	Colihue	Gramineae
11	<i>Lapageria rosea</i>	Copihue	Philesiaceae
12	<i>Blechnum hastatum</i>	Helecho Peineta	Blechnaceae
13	<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	Celastraceae
14		Mirtácea 1	Myrtaceae
15	<i>Citronella mucronata</i>	Naranjillo	Icacinaceae
16	<i>Cissus striata</i>	Pil Pil Voqui	Vitaceae
17	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Pitra	Myrtaceae
18	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temu	Myrtaceae
19	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Voqui Negro	Polygonaceae

Anexo N° 5. Tabla de Rodal del Sector Borde de Bosque, Fragmento N° 1.

Anexo N° 5.1 Densidad (árb/ha)

CD	Arrayán	Avellanillo	Avellano	Canelo	Maitén	Pitra	Temu	Total
5	117	391		469		313	625	1914
10	39	195	39	78		313	273	938
15	78			313	39	156	117	703
20				117		39		156
25				117	39	117		273
30						39		39
35						39		39
Total	234	586	39	1094	78	1016	1016	4063

Anexo N° 5.2 Altura Total Promedio (m)

CD	Arrayán	Avellanillo	Avellano	Canelo	Maitén	Pitra	Temu
5	10,3	10,3		8,8		8,6	9,8
10	11	12,6	14	11		13,4	12,3
15	14			13,4	15	13,3	13
20				18		16	
25				16,3	15	16	
30						16	
35						15	
Total	12	11	14	14	15	14	12

Anexo N° 5.3 Área Basal (m²/ha)

CD	Arrayán	Avellanillo	Avellano	Canelo	Maitén	Pitra	Temu	Total
5	0,23	0,77		0,92		0,61	1,23	3,76
10	0,31	1,53	0,31	0,61		2,45	2,15	7,36
15	1,38			5,52	0,69	2,76	2,07	12,43
20				3,68		1,23		4,91
25				5,75	1,92	5,75		13,42
30						2,76		2,76
35						3,76		3,76
Total	1,92	2,30	0,31	16,49	2,61	19,33	5,45	48,40

Anexo N° 6. Composición Vegetacional Fragmento N° 2 Sector Núcleo de Bosque.

N	Nombre Científico	Nombre Común	Familia
Estrato Arbóreo Dominante			
1	<i>Lomatia dentata</i>	Avellanillo	Proteaceae
2	<i>Peumus boldus</i>	Boldo	Monimiaceae
3	<i>Drymis winteri</i>	Canelo	Winteraceae
4	<i>Persea lingue</i>	Lingue	Lauraceae
5	<i>Amomyrtus luma</i>	Luma	Myrtaceae
6	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Pitra	Myrtaceae
7	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temu	Myrtaceae
Regeneración			
8	<i>Pimpinella anisum</i>	Anís	Apiaceae
9	<i>Lomatia dentata</i>	Avellanillo	Proteaceae
10	<i>Drymis winteri</i>	Canelo	Winteraceae
11		Chacay Blanco	
12	<i>Cissus striata</i>	Pil Pil Voqui	Vitaceae
13	<i>Chusquea coleu</i>	Colihue	Gramineae
14	<i>Lapageria rosea</i>	Copihue	Philesiaceae
15	<i>Cirex sp.</i>	Cortadera	Cyperaceae
16	<i>Ranunculus repens</i>	Culle	Ranunculaceae
17	<i>Blechnum hastatum</i>	Helecho Peineta	Blechnaceae
18	<i>Hedera helix</i>	Hiedra	Araliaceae
19	<i>Amomyrtus luma</i>	Luma	Myrtaceae
20	<i>Citronella mucronata</i>	Naranjillo	Icacinaceae
21	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Pitra	Myrtaceae
22		Voqui	
23		Voqui Blanco	
24	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Voqui Negro	Polygonaceae
25	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	Rosaceae

Anexo N° 7. Tabla de Rodal del Sector Núcleo de Bosque, Fragmento N° 2.

Anexo N° 7.1 Densidad (árboles/ha)

CD	Avellanillo	Boldo	Canelo	Lingue	Luma	Pitra	Temu	Total
5	117		78		39	78	234	547
10		39				39	39	117
15		156				78	39	273
20				78			39	117
25						39	39	78
30						39	78	117
35							78	78
40						117		117
45						39		39
50						78		78
Total	117	195	78	78	39	508	547	1563

Anexo N° 7.2 Altura Total Promedio (m)

CD	Avellanillo	Boldo	Canelo	Lingue	Luma	Pitra	Temu
5	7,8		11		8	7	7
10		8				15	6
15		10				13,5	17
20				16			17
25						18	12
30						17	18,5
35							18
40						17,3	
45						17	
50						20	
Total	8	9	11	16	8	16	14

Anexo N° 7.3 Área Basal (m²/ha)

CD	Avellanillo	Boldo	Canelo	Lingue	Luma	Pitra	Temu	Total
5	0,23		0,15		0,08	0,15	0,46	1,07
10		0,31				0,31	0,31	0,92
15		2,76				1,38	0,69	4,83
20				2,45			1,23	3,68
25						1,92	1,92	3,83
30						2,76	5,52	8,28
35							7,52	7,52
40						14,73		14,73
45						6,21		6,21
50						15,34		15,34
Total	0,23	3,07	0,15	2,45	0,08	42,80	17,64	66,42

Anexo N° 8. Composición Vegetacional Fragmento N° 2 Sector Borde de Bosque.

N	Nombre Científico	Nombre Común	Familia
Estrato Arbóreo Dominante			
1	<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	Myrtaceae
2	<i>Peumus boldus</i>	Boldo	Monimiaceae
3	<i>Drymis winteri</i>	Canelo	Winteraceae
4	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Pitra	Myrtaceae
5	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temu	Myrtaceae
Regeneración			
6	<i>Lomatia dentata</i>	Avellanillo	Proteaceae
7	<i>Drymis winteri</i>	Canelo	Winteraceae
8		Chacay Blanco	
9		Chepica	
10	<i>Chusquea coleu</i>	Colihue	Gramineae
11	<i>Lapageria rosea</i>	Copihue	Philesiaceae
12	<i>Cirex</i> sp.	Cortadera	Cyperaceae
13	<i>Blechnum hastatum</i>	Helecho Peineta	Blechnaceae
14	<i>Citronella mucronata</i>	Naranjillo	Icacinaceae
15	<i>Sanicula graveolens</i>	Pata de León	Apiaceae
16	<i>Cissus striata</i>	Pil Pil Voqui	Vitaceae
17	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Pitra	Myrtaceae
18	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temu	Myrtaceae
19		Voqui	
20	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	Rosaceae

Anexo N° 9. Tabla de Rodal del Sector Borde de Bosque, Fragmento N° 2.

Anexo N° 9.1 Densidad (árboles/ha)

CD	Arrayán	Boldo	Canelo	Pitra	Temu	Total
5		78				78
10	39	117		78	156	391
15	78	117		117	78	391
20		39	39			78
25			39	117		156
30		39		39		78
35						0
Total	117	391	78	352	234	1172

Anexo N° 9.2 Altura Total Promedio (m)

CD	Arrayán	Boldo	Canelo	Pitra	Temu
5		7,5			
10	10	11,3		8	13,3
15	13	13,3		16	14,5
20		13	15		
25			17	13	
30		15		16	
35					
Total	12	12	16	13	14

Anexo N° 9.3 Área Basal (m²/ha)

CD	Arrayán	Boldo	Canelo	Pitra	Temu	Total
5		0,15				0,15
10	0,31	0,92		0,61	1,23	3,07
15	1,38	2,07		2,07	1,38	6,90
20		1,23	1,23			2,45
25			1,92	5,75		7,67
30		2,76		2,76		5,52
35						
Total	1,69	7,13	3,14	11,20	2,61	25,77

Anexo N° 10. Abundancia por hectárea de especies en ambos Fragmentos, diferenciadas por sectores.

	Fragmento N° 1		Fragmento N° 2	
Arbóreo	Núcleo	Borde	Núcleo	Borde
Arrayán	195	234		117
Avellanillo	78	586	117	
Avellano		39		
Boldo			195	391
Canelo	742	1094	78	78
Lingue			78	
Luma			39	
Maitén	156	78		
Pitra	1016	1016	508	352
Temu	1797	1016	547	234
Regeneración				
Anís			6500	
Arrayán	500			
Avellanillo	4500	2500	8500	4500
Canelo			1500	3000
Chacay			500	
Chacay Blanco		500		2000
Chepica				1500
Pilpil Voqui	72500	3000	3000	13500
Colihue	8500	7500	9000	50500
Copihue	5000	1000	1500	14000
Cortadera			500	5000
Cuyi			15000	
Enredadera	2500			
Helecho peineta	7500	1500	15500	6500
Hiedra			1000	
Liana	1500			
Luma			1000	
Quinileja	7000			
Maitén		7000		
Mirtácea 1		500		
Naranjillo	4000	20000	14500	4000
Pata de León				33500
Pitra		3000	4000	14000
Temu	30000	21500		3000
Voqui		3000	25000	4500
Voqui Blanco			7500	
Voqui Negro		1000	1000	
Zarzamora	500		1500	1000

Anexo N° 11. Abundancia Proporcional por hectárea de especies en ambos Fragmentos, diferenciadas por sectores.

Arbóreo	Fragmento 1		Fragmento 2	
	Núcleo	Borde	Núcleo	Borde
Arrayán	0,00132	0,00158		0,00079
Avellanillo	0,00053	0,00396	0,00079	
Avellano		0,00026		
Boldo			0,00132	0,00264
Canelo	0,00502	0,00739	0,00053	0,00053
Lingue			0,00053	
Luma			0,00026	
Maitén	0,00106	0,00053		
Pitra	0,00686	0,00686	0,00343	0,00238
Temu	0,01214	0,00686	0,00370	0,00158
Regeneración				
Anís			0,04392	
Arrayán	0,00338			
Avellanillo	0,03041	0,01689	0,05744	0,03041
Canelo			0,01014	0,02027
Chacay			0,00338	
Chacay Blanco		0,00338		0,01351
Chepica				0,01014
Pilpil Voqui	0,48992	0,02027	0,02027	0,09123
Colihue	0,05744	0,05068	0,06082	0,34125
Copihue	0,03379	0,00676	0,01014	0,09460
Cortadera			0,00338	0,03379
Cuyi			0,10136	
Enredadera	0,01689			
Helecho peineta	0,05068	0,01014	0,10474	0,04392
Hiedra			0,00676	
Liana	0,01014			
Luma			0,00676	
Quinileja	0,04730			
Maitén		0,04730		
Mirtácea 1		0,00338		
Naranjillo	0,02703	0,13515	0,09798	0,02703
Pata de León				0,22638
Pitra		0,02027	0,02703	0,09460
Temu	0,20272	0,14529		0,02027
Voqui		0,02027	0,16894	0,03041
Voqui Blanco			0,05068	
Voqui Negro		0,00676	0,00676	
Zarzamora	0,00338		0,01014	0,00676

Anexo N° 12. Índices de Diversidad, procedimiento propuesto por Hutcheson en 1970.

	Fragmento N° 1		Fragmento N° 2	
	Núcleo	Borde	Núcleo	Borde
Índice de Equidad				
Shannon-Wiener	1,74	1,45	2,14	2,28
Shannon-Wiener Máx	2,71	2,77	3,04	2,77
I. Div. Ponderado				
N log N	765111,16	371274,04	601579,88	842089,70
Suma fi log fi	653337,55	300217,25	475465,02	689604,42
Diversidad ponderado	0,76	0,93	1,06	0,94
Var. Div. Ponderado				
suma Log fi ²	2929389,81	1202389,30	1925339,92	2975082,63
(suma log fi) ²	426849960104,96	90130398851,56	226066989949,30	475554262744,30
N	147984,38	76062,50	118562,50	161671,88
N ²	21899375244,14	5785503906,25	14057066406,25	26137795166,02
Var	0,00000205	0,00000301	0,00000132	0,00000129
Dif. de Varianzas				
entre nucleo y borde	0,00225		0,00162	
entre nucleo y nucleo	0,00184			
entre borde y borde		0,00207		
t (entre nucleo y borde)	-79,47		74,61	
t (entre nucleo y nucleo)	-167,82			
t(entre borde y borde)		-4,33		
G L (nucleo-borde)	173586,95		272324,02	
G L (nucleo- nucleo)	263568,75			
G L (borde-borde)		142587,87		
t estadístico	1,96	1,96	1,96	1,96

Anexo N° 13. Índice de Similitud de Jaccard.

Anexo N° 13.1 Cuadro Similitud de Especies.

	Fragmento N° 1		Fragmento N° 2	
	Núcleo 1	Borde 1	Núcleo 2	Borde 2
Arbóreo				
Arrayán	+	+		+
Avellanillo	+	+	+	
Avellano		+		
Boldo			+	+
Canelo	+	+	+	+
Lingue			+	
Luma			+	
Maitén	+	+		
Pitra	+	+	+	+
Temu	+	+	+	+
Regeneración				
Anís			+	
Arrayán	+			
Avellanillo	+	+	+	+
Canelo			+	+
Chacay			+	
Chacay Blanco		+		+
Chepica				+
Cissus striata	+	+	+	+
Colihue	+	+	+	+
Copihue	+	+	+	+
Cortadera			+	+
Cuyi			+	
Enredadera	+			
Helecho peineta	+	+	+	+
Hiedra			+	
Liana	+			
Luma			+	
Luzuriaga radicans	+			
Maitén		+		
Mirtácea 1		+		
Naranjillo	+	+	+	+
Pata de León				+
Pitra		+	+	+
Temu	+	+		+
Voqui		+	+	+
Voqui Blanco			+	
Voqui Negro		+	+	
Zarzamora	+		+	+

Anexo N° 13.2 Cálculos de similitud de Jaccard.

Similitud entre Núcleo y Borde F- 1	
Exclusivas Núcleo F - 1	4
Exclusivas Borde F - 1	5
En Ambos	11
Similitud	0,55

Similitud entre Núcleo y Borde F- 2	
Exclusivas Núcleo F - 2	9
Exclusivas Borde F - 1	4
En Ambos	12
Similitud	0,48

Similitud entre Núcleo y Núcleo	
Exclusivas Núcleo F – 1	5
Exclusivas Borde F – 2	11
En Ambos	10
Similitud	0,38

Similitud entre Borde y Borde	
Exclusivas Borde F – 1	5
Exclusivas Borde F – 2	4
En Ambos	12
Similitud	0,57

Anexo N° 14. Cuantificación Esporas Hongos Micorrízicos.

Anexo N° 14.1 Esporas Fragmento N° 1, sector Núcleo de Bosque (S 1).

Fragmento	Sector	Replicas	Tamiz	Conteo
F 1	S 1	R 1	T 1	15
F 1	S 1	R 1	T 2	255
F 1	S 1	R 1	T 3	585
F 1	S 1	R 2	T 1	10
F 1	S 1	R 2	T 2	325
F 1	S 1	R 2	T 3	595
F 1	S 1	R 3	T 1	20
F 1	S 1	R 3	T 2	290
F 1	S 1	R 3	T 3	575
F 1	S 1	R 4	T 1	15
F 1	S 1	R 4	T 2	260
F 1	S 1	R 4	T 3	560
F 1	S 1	R 5	T 1	5
F 1	S 1	R 5	T 2	315
F 1	S 1	R 5	T 3	575

Anexo N° 14.2 Esporas Fragmento N° 1, sector Borde de Bosque (S 2).

Fragmento	Sector	Replicas	Tamiz	Conteo
F 1	S 2	R 1	T 1	10
F 1	S 2	R 1	T 2	255
F 1	S 2	R 1	T 3	570
F 1	S 2	R 2	T 1	0
F 1	S 2	R 2	T 2	245
F 1	S 2	R 2	T 3	580
F 1	S 2	R 3	T 1	20
F 1	S 2	R 3	T 2	265
F 1	S 2	R 3	T 3	550
F 1	S 2	R 4	T 1	15
F 1	S 2	R 4	T 2	235
F 1	S 2	R 4	T 3	565
F 1	S 2	R 5	T 1	20
F 1	S 2	R 5	T 2	225
F 1	S 2	R 5	T 3	545

Anexo N° 14.3 Esporas Fragmento N° 1, sector Matriz (Pradera)(S 3).

Fragmento	Sector	Replicas	Tamiz	Conteo
F 1	S 3	R 1	T 1	0
F 1	S 3	R 1	T 2	135
F 1	S 3	R 1	T 3	240
F 1	S 3	R 2	T 1	0
F 1	S 3	R 2	T 2	215
F 1	S 3	R 2	T 3	225
F 1	S 3	R 3	T 1	0
F 1	S 3	R 3	T 2	245
F 1	S 3	R 3	T 3	215
F 1	S 3	R 4	T 1	0
F 1	S 3	R 4	T 2	190
F 1	S 3	R 4	T 3	205
F 1	S 3	R 5	T 1	0
F 1	S 3	R 5	T 2	215
F 1	S 3	R 5	T 3	175

Anexo N° 14.4 Esporas Fragmento N° 2, sector Núcleo de Bosque.

Fragmento	Sector	Replicas	Tamiz	Conteo
F 2	S 1	R 1	T 1	20
F 2	S 1	R 1	T 2	580
F 2	S 1	R 1	T 3	590
F 2	S 1	R 2	T 1	25
F 2	S 1	R 2	T 2	615
F 2	S 1	R 2	T 3	575
F 2	S 1	R 3	T 1	10
F 2	S 1	R 3	T 2	595
F 2	S 1	R 3	T 3	560
F 2	S 1	R 4	T 1	15
F 2	S 1	R 4	T 2	590
F 2	S 1	R 4	T 3	565
F 2	S 1	R 5	T 1	15
F 2	S 1	R 5	T 2	615
F 2	S 1	R 5	T 3	595

Anexo N° 14.5 Esporas Fragmento N° 2, sector Borde de Bosque.

F 2	S 2	R 1	T 1	15
F 2	S 2	R 1	T 2	395
F 2	S 2	R 1	T 3	550
F 2	S 2	R 2	T 1	0
F 2	S 2	R 2	T 2	310
F 2	S 2	R 2	T 3	535
F 2	S 2	R 3	T 1	0
F 2	S 2	R 3	T 2	460
F 2	S 2	R 3	T 3	540
F 2	S 2	R 4	T 1	5
F 2	S 2	R 4	T 2	310
F 2	S 2	R 4	T 3	585
F 2	S 2	R 5	T 1	0
F 2	S 2	R 5	T 2	465
F 2	S 2	R 5	T 3	580

Anexo N° 14.6 Esporas Fragmento N° 2, sector Matriz (Pradera).

F 2	S 3	R 1	T 1	0
F 2	S 3	R 1	T 2	145
F 2	S 3	R 1	T 3	265
F 2	S 3	R 2	T 1	15
F 2	S 3	R 2	T 2	270
F 2	S 3	R 2	T 3	255
F 2	S 3	R 3	T 1	25
F 2	S 3	R 3	T 2	280
F 2	S 3	R 3	T 3	350
F 2	S 3	R 4	T 1	0
F 2	S 3	R 4	T 2	220
F 2	S 3	R 4	T 3	200
F 2	S 3	R 5	T 1	10
F 2	S 3	R 5	T 2	235
F 2	S 3	R 5	T 3	270

Anexo N° 15 Análisis Estadístico Cuantificación Esporas Hongos Micorrízicos.

Response Cuantificación Whole Model

Summary of Fit

RSquare	0,985249
RSquare Adj	0,981767
Root Mean Square Error	30,54141
Mean of Response	264,6111
Observations (or Sum Wgts)	90

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	17	4485901,4	263877	282,8933
Error	72	67160,0	933	Prob > F
C. Total	89	4553061,4		<,0001*

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Fragmento	1	1	80700,3	86,5161	<,0001*
Sector	2	2	595477,2	319,1957	<,0001*
Tamiz	2	2	3198015,6	1714,243	<,0001*
Fragmento*Sector	2	2	22703,9	12,1700	<,0001*

LSMeans Differences Tukey HSD

$\alpha = 0,050$ $Q = 2,92787$

Level				Least Sq Mean
F 2,S 1	A			1193,66667
F 2,S 2		B		950,66667
F 1,S 1		B	C	880,33333
F 1,S 2			C	820,33333
F 2,S 3			D	508,33333
F 1,S 3			D	417,33333

Levels not connected by same letter are significantly different.

Anexo N° 16 Ensayo Colonización Micorrizica.

Anexo N° 16.1 Presencia de Micorrización Fragmento N° 1.

Fragmento	Sector	Maceta	% Pres-Micorrizacion
F 1	S 1	M 1	10
F 1	S 1	M 2	50
F 1	S 1	M 3	30
F 1	S 1	M 4	10
F 1	S 1	M 5	30
F 1	S 1	M 6	20
F 1	S 1	M 7	10
F 1	S 1	M 8	20
F 1	S 2	M 1	20
F 1	S 2	M 2	0
F 1	S 2	M 3	10
F 1	S 2	M 4	30
F 1	S 2	M 5	10
F 1	S 2	M 6	10
F 1	S 2	M 7	10
F 1	S 2	M 8	30
F 1	S 3	M 1	0
F 1	S 3	M 2	10
F 1	S 3	M 3	0
F 1	S 3	M 4	10
F 1	S 3	M 5	0
F 1	S 3	M 6	0
F 1	S 3	M 7	10
F 1	S 3	M 8	0

Anexo N° 16.2 Presencia de Micorrización Fragmento N° 2.

F 2	S 1	M 1	30
F 2	S 1	M 2	10
F 2	S 1	M 3	40
F 2	S 1	M 4	20
F 2	S 1	M 5	30
F 2	S 1	M 6	30
F 2	S 1	M 7	10
F 2	S 1	M 8	30
F 2	S 2	M 1	20
F 2	S 2	M 2	0
F 2	S 2	M 3	10
F 2	S 2	M 4	20
F 2	S 2	M 5	0
F 2	S 2	M 6	20
F 2	S 2	M 7	10
F 2	S 2	M 8	10
F 2	S 3	M 1	10
F 2	S 3	M 2	0
F 2	S 3	M 3	0
F 2	S 3	M 4	10
F 2	S 3	M 5	10
F 2	S 3	M 6	0
F 2	S 3	M 7	10
F 2	S 3	M 8	0

Anexo N° 17 Análisis Estadístico Ensayo de Micorrización.

**Response % Pres-Micorrizacion
Whole Model**

Summary of Fit

RSquare	0,447653
RSquare Adj	0,381898
Root Mean Square Error	9,543135
Mean of Response	13,75
Observations (or Sum Wgts)	48

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	3100,0000	620,000	6,8078
Error	42	3825,0000	91,071	Prob > F
C. Total	47	6925,0000		<,0001*

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Fragmento	1	1	0,0000	0,0000	1,0000
Sector	2	2	3012,5000	16,5392	<,0001*
Fragmento*Sector	2	2	87,5000	0,4804	0,6219

LSMeans Differences Tukey HSD

$\alpha = 0,050$ $Q = 2,42949$

Level				Least Sq Mean
F 2,S 1	A			29,300000
F 1,S 1	A	B		23,200000
F 1,S 2		B		18,600000
F 2,S 2			C	10,900000
F 2,S 3			C	9,100000
F 1,S 3			D	5,400000

Levels not connected by same letter are significantly different.

Anexo N° 18 Análisis Estadístico Largo de Tallo.

Response Tallo
Whole Model

Summary of Fit

RSquare	0,675399
RSquare Adj	0,663638
Root Mean Square Error	2,257143
Mean of Response	14,23958
Observations (or Sum Wgts)	144

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	1462,8765	292,575	57,4274
Error	138	703,0679	5,095	Prob > F
C. Total	143	2165,9444		<,0001*

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Fragmento	1	1	896,50340	175,9680	<,0001*
Sector	2	2	502,45125	49,3112	<,0001*
Fragmento*Sector	2	2	63,92181	6,2734	0,0025*

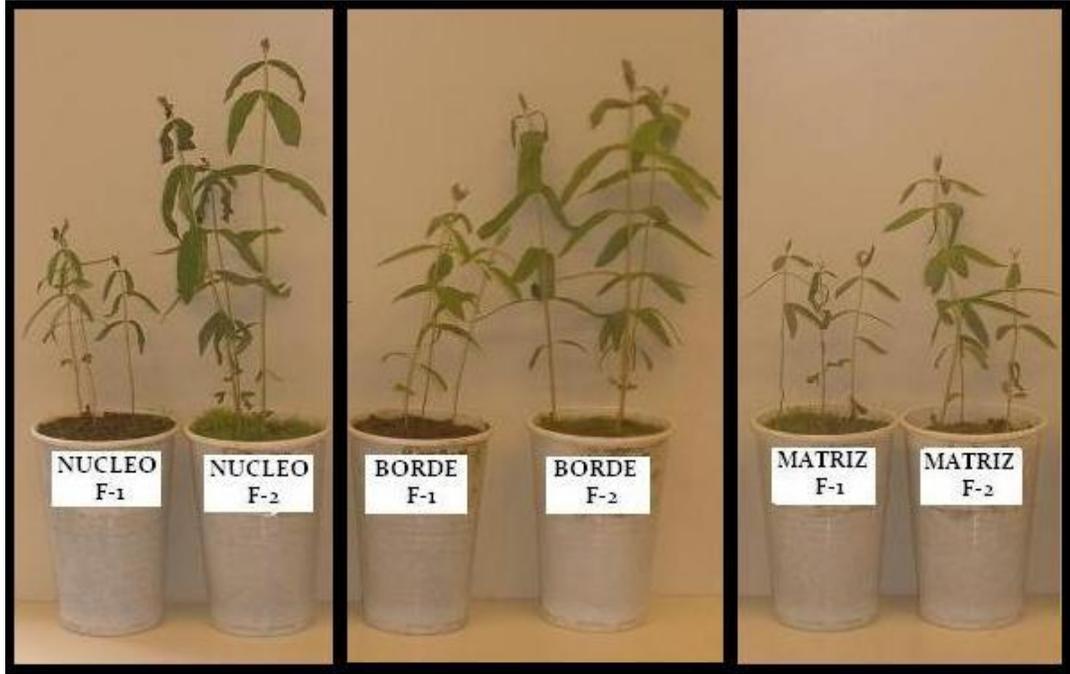
LSMeans Differences Tukey HSD

$\alpha = 0,050$ $Q = 2,89011$

Level				Least Sq Mean
F 2,S 1	A			19,758333
F 2,S 2		B		16,833333
F 2,S 3			C	13,612500
F 1,S 1			C	13,433333
F 1,S 2			D	11,358333
F 1,S 3			D	10,441667

Levels not connected by same letter are significantly different.

Anexo N° 19 Imagen Ensayo Colonización Micorrizica.



Anexo N° 20 Análisis Estadístico Largo de Raíz.

Response Raíz
Whole Model

Summary of Fit

RSquare	0,697622
RSquare Adj	0,686666
Root Mean Square Error	2,430975
Mean of Response	16,22292
Observations (or Sum Wgts)	144

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	1881,5240	376,305	63,6764
Error	138	815,5304	5,910	Prob > F
C. Total	143	2697,0544		<,0001*

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Fragmento	1	1	1332,8584	225,5397	<,0001*
Sector	2	2	413,6304	34,9962	<,0001*
Fragmento*Sector	2	2	135,0351	11,4250	<,0001*

LSMeans Differences Tukey HSD

$\alpha = 0,050$ $Q = 2,89011$

Level			Least Sq Mean
F 2,S 1	A		20,225000
F 2,S 2	A		20,045833
F 2,S 3		B	17,525000
F 1,S 1		B	16,654167
F 1,S 2		C	11,762500
F 1,S 3		C	11,125000

Levels not connected by same letter are significantly different.

Anexo N° 21 Análisis Estadístico Peso Biomasa Seca.

**Response Peso Seco
Whole Model**

Summary of Fit

RSquare	0,604113
RSquare Adj	0,556983
Root Mean Square Error	0,111647
Mean of Response	0,308146
Observations (or Sum Wgts)	48

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	0,7989004	0,159780	12,8182
Error	42	0,5235356	0,012465	Prob > F
C. Total	47	1,3224360		<,0001*

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Fragmento	1	1	0,41794669	33,5293	<,0001*
Sector	2	2	0,25438579	10,2039	0,0002*
Fragmento*Sector	2	2	0,12656787	5,0769	0,0106*